

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних  
виробництв**

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри МАХНВ

\_\_\_\_\_ Я.М. Корнієнко  
(підпис)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»**

**з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування**

**спеціалізація: Інжинирінг, комп’ютерне моделювання та проектування  
обладнання целюлозно-паперового виробництва**

**на тему: Розроблення формуючої частини для модернізації  
картоноробної машини**

**Виконав студент 6-го курсу, групи ЛН-82мп  
Матохнюк Михайло Борисович**

**Керівник дисертації** канд. техн. наук, ст. викл. О.А. Новохат

**Консультанти:**

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях  
канд. техн. наук, доц. І.М. Ковтун

розробка стартап-проекту

канд. економ. наук, доц. Н.В. Юдіна

технологія виготовлення кришки

канд. техн. наук, старш. викл. Я.Г. Двойнос

автоматичний контроль і керування процесом

канд. техн. наук, доцент А.Ю. Сазонов

**Рецензент**

\_\_\_\_\_ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**Освітньо-кваліфікаційний рівень – «Магістр»**

**спеціальність: 133 - Галузеве машинобудування**

**спеціалізація: Інжинирінг, комп'ютерне моделювання та проектування  
обладнання целюлозно-паперового виробництва**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Я.М. Корнієнко  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

Матохнюку Михайлу Борисовичу

**1. Тема дисертації:** «Розроблення формуючої частини для модернізації картоноробної машини»

керівник дисертації Новохат О.А. канд. техн. наук, ст. викл.

затверджені наказом по університету від 01 листопада 2019 р. № 3807-с.

**2. Термін подання студентом проекту:** 04 грудня 2019 р.

**3. Вихідні дані до проекту:** Швидкість картоноробної машини – 600 м/хв, загальна маса квадратного метра картону – 175 г/м<sup>2</sup>, сухість картонного полотна після формуючої частини – 21 %; ширина картонного полотна – 4,25 м.

**4. Зміст пояснювальної записки:**

а) основна частина: обґрунтувати вибір конструкцій формуючої частини та масонапускного пристрою, виконати розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій, а саме, технологічний,

параметричний, конструктивний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкцій цих апаратів;

б) маркетинг стартап-проектів: створити стартап-проект модернізованого апарату;

в) охорона праці: провести аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які пов'язані з експлуатацією картоноробної машини, запропонувати заходи щодо обмеження їх дії, виконати відповідні розрахунки, викласти основні правила безпечної експлуатації картоноробної машини та дії обслуговуючого персоналу у надзвичайних ситуаціях;

г) частина автоматичного керування: скласти та обґрунтувати схему автоматизованого керування формуючої частини; скласти специфікацію приладів, що комплектують схему;

д) технологія машинобудування: розробити маршрутні карти виготовлення кришки, виконати розрахунки режимів різання, розробити пристрій.

**5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):** формуюча частина загальний вид – А2х6, формуюча частина вид збоку – А1, грудний вал – А3х3, масонапускний пристрій – А3х4, кришка – А2, трьохкулачковий патрон з пневмозажимом – А1, схема автоматизації – А1, плакат – А0.

## 6. Консультанти розділів проекту

| Розділ  | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---|---|----------------|------------------|
|   |   | завдання видав | завдання прийняв |
| Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях | Ковтун І.М.                               |                |                  |
| Розробка стартап-проекту                          | Юдіна Н.В.                                |                |                  |
| Технологія виготовлення кришки                    | Двойнос Я.Г.                              |                |                  |
| Автоматичний контроль і керування процесом        | Сазонов А.Ю.                              |                |                  |

**7. Дата видачі завдання** 02 вересня 2019 р.

## РЕФЕРАТ

УДК 676.026.2

Магістерська дисертація на тему «Розроблення формуючої частини для модернізації картоноробної машини» / КПП ім. Ігоря Сікорського; Керівник О.А. Новохат. – К., 2019. – 167 с. : іл. – Викон. М.Б. Матохнюк. – Бібліогр.: с. 122.

Пояснювальна записка складається із вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань із 21 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 167 с. основного тексту, 35 рисунків, 28 таблиць і 5 додатків.

Метою роботи є проектування і модернізація конструкції формуючої частини картоноробної машини, призначеної для формування та зневоднення картонного полотна.

Поставлена задача досягається шляхом дослідження літературних джерел, виконанням розрахунків формуючої частини та основних вузлів і деталей конструкції, розробкою необхідних креслеників. Виконано аналіз результатів, наведено висновки та список використаної літератури.

Розрахунково-пояснювальна записка також містить схему отримання багатошарового картону, її опис та місце формуючої частини в ній.

Графічна частина проекту включає кресленики форматів А2х6, А1, А3х3, А3х4, А2, А3х3 та плакат формату А1х3, що містять: складальні кресленики формуючої частини та масонапускного пристрою, а також кресленик грудного валу, кришки, трьохкулачкового патрону з пневмозажимом та схеми автоматизації. До складальних креслеників складені специфікації.

Основні результати роботи висвітлені на трьох міжнародних конференціях та науковій статті. Також на розроблену конструкцію отримано деклараційний патент України на корисну модель.

ФОРМУЮЧА ЧАСТИНА, КАРТОНОРобНА МАШИНА, МАСОНАПУСКНИЙ ПРИСТРІЙ, ТУРБУЛІЗАЦІЯ ПОТОКУ, КАРТОННЕ ПОЛОТНО, ЗНЕВОДНЕННЯ.



## РЕФЕРАТ

УДК 676.026.2

Магистерская диссертация на тему «Разработка формирующей части для модернизации картоноделательной машины» / КПИ им. Игоря Сикорского; Руководитель А.А. Новохат. - М., 2019. - 167 с.: Ил. - Викон. М.Б. Матохнюк. - Библиогр. : с. 122.

Пояснительная записка состоит из вступления, 8 глав, вывода, списка ссылок из 21 наименований. Общий объем работы составляет 167 с. основного текста, 35 рисунков, 28 таблиц и 5 приложений.

Целью работы является проектирование и модернизация конструкции формирующей части картоноделательной машины, предназначенной для формирования и обезвоживания картонного полотна.

Поставленная задача достигается путем исследования литературных источников, выполнением расчетов формирующей части и основных узлов и деталей конструкции, разработкой необходимых чертежей. Выполнен анализ результатов, приведены выводы и список использованной литературы.

Расчетно-пояснительная записка также содержит схему получения многослойного картона, ее описание и место формирующей части в ней.

Графическая часть проекта включает чертежи форматов А2х6, А1, А3х3, А3х4, А2, А3х3 и плакат формата А1х3, содержащие: сборочные чертежи формирующей части и масонапускного устройства, а также чертеж грудного вала, крышки, трехкулачковым патрона с пневмозажимом и схемы автоматизации. К сборочным чертежам составлены спецификации.

Основные результаты работы освещены на трех международных конференциях и научной статье. Также на разработанную конструкцию получено декларационный патент Украины на полезную модель.

ФОРМУЮЩАЯ ЧАСТЬ, КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНАЯ МАШИНА, МАСОНАПУСКНОЕ УСТРОЙСТВО, ТУРБУЛИЗАЦИЯ ПОТОКА, КАРТОННОЕ ПОЛОТНО, ОБЕЗВОЖИВАНИЕ.

## ABSTRACT

Master's thesis on "Development of moulding part for cardboard machine modernization" / KPI them. Igor Sikorsky; Head of OA Novohat. - K., 2019. - 167 pp.: Ill. - Window. M.B. Matokhnyuk. - Bibliogr .: p. 122.

The explanatory note consists of an introduction, 8 sections, conclusions, a list of references of 21 titles. The total volume of work is 167 p. main text, 35 figures, 28 tables and 5 appendices. The purpose of the work is to design and modernize the design of the molding part of the cardboard machine intended for the molding and dewatering of cardboard cloth.

This task is achieved through the study of literary sources, the calculation of the forming part and the main components and nodes of the design, the development of the necessary drawings. The results are analyzed, conclusions are drawn, and the list of used literature is given.

The explanatory note also contains a scheme for obtaining a multilayer cardboard, its description and the place of the forming part in it.

The graphic part of the project includes drawings of the formats A2x6, A1, A3x3, A3x4, A2, A3x3 and the poster of the format A1x3, containing: assembly drawings of the forming part and the mass-release device, as well as the drawing of the thorax, cover, three-cam cartridge with a cartridge. Specifications are drawn up for the assembly drawings.

The main results of the work are covered at three international conferences and a scientific article. Also, the developed design received a patent patent of Ukraine for utility model.

FORMING PART, PAPER MACHINE, MASS-OUT DEVICE, FLOW TURBULIZATION, CARDBOARD FLOW, DRAINAGE.

## Зміст

|  |    |
|--|----|
| Перелік скорочень, умовних позначень та термінів                               | 11 |
| Вступ  | 13 |
| 1. Призначення та область застосування сіткової частини                        | 15 |
| 1.1 Опис технологічного процесу  | 16 |
| 1.2 Вибір типу установки, апаратів, їх місце в технологічній схемі             | 18 |
| 2. Технічна характеристика   | 21 |
| 3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції                                   | 22 |
| 3.1 Конструкція і принцип дії виробу, основних складальних одиниць і деталей   | 22 |
| 3.2 Вибір матеріалів   | 33 |
| 3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами         | 34 |
| 3.4 Патентне дослідження   | 36 |
| 4. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції       | 44 |
| 4.1 Розрахунок довжини сіткового столу   | 44 |
| 4.2 Розрахунок довжини сітки   | 47 |
| 4.2.1 Розрахунок довжини сітки покрівельного шару                              | 47 |
| 4.2.2 Розрахунок довжини сітки середнього шару                                 | 50 |
| 4.2.3 Розрахунок довжини сітки основного шару                                  | 53 |
| 4.3 Розрахунок масонапускного пристрою   | 56 |
| 4.3.1 Параметричний розрахунок   | 57 |
| 4.3.2 Визначення коефіцієнтів гідравлічного опору перфорованої плити колектора | 58 |
| 4.3.3 Визначення сумарного опору   | 60 |

|          |          |          |        |      |   |  |      |        |
|----------|----------|----------|--------|------|---|--|------|--------|
|          |          |          |        |      | ЛН82мп. 705411.001 ПЗ   |  |      |        |
| Зм.      | Лист     | № докум. | Підпис | Дата |   |  |      |        |
| Разроб.  | Матохнюк |          |        |      | Розроблення формуючої частини для модернізації картоноробної машини<br>Пояснювальна записка | Літ.   | Лист | Листів |
| Перев.   | Новохат  |          |        |      |   |  | 9    | 167    |
|          |          |          |        |      |   | КПІ ім. Ігоря Сікорського<br>ІХФ, каф. МАХНВ |      |        |
| Н.Контр. |          |          |        |      |   |  |      |        |
| Затв.    |          |          |        |      |   |  |      |        |

|   |     |
|---|-----|
| 4.4 Розрахунок грудного вала  | 61  |
| 4.4.1 Розрахунок вала на жорсткість   | 61  |
| 4.4.2 Розрахунок вала на міцність   | 64  |
| 4.4.3 Розрахунок довговічності підшипників грудного валу                      | 65  |
| 4.5 Розрахунок потужності електродвигуна та його вибір для покрівельного шару | 66  |
| 5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях                          | 75  |
| 5.1 Виробничий шум  | 76  |
| 5.2 Промислове освітлення   | 76  |
| 5.3 Повітря робочої зони  | 78  |
| 5.4 Електронебезпека  | 81  |
| 5.5 Пожежна небезпека   | 83  |
| 5.6 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях                                   | 84  |
| 6. Рекомендації щодо ремонту та експлуатації сіткової частини                 | 87  |
| 7. Рівень стандартизації та уніфікації  | 92  |
| 8 Стартап-проект  | 94  |
| 8.1 Опис ідеї проекту   | 94  |
| 8.2 Технологічний аудит ідеї проекту  | 96  |
| 8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту                       | 98  |
| 8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту                                    | 106 |
| 8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту                        | 108 |
| Висновки  | 116 |
| Выводы  | 118 |
| Conclusions   | 120 |
| Перелік посилань  | 122 |
| Додаток А Технологічний процес виготовлення деталі кришка                     | 124 |
| Додаток Б Автоматична система керування формуючої частини КРМ                 | 144 |
| Додаток В Документація до патентного дослідження                              | 152 |
| Додаток Г Патенти, які використані в патентному дослідженні                   | 155 |
| Додаток Д Публікації автора   | 161 |

## Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

### Умовні скорочення:

КРМ – картоноробна машина;  
ККПК – Київський картонно - паперовий комбінат;  
ЦПВ – целюлозно - паперове виробництво;  
ГОСТ – державний стандарт;  
ДСТУ – державний стандарт України;  
ДСН – державно санітарні норми;  
ПЄУ – правила пристроїв електроустановок;  
СНиП – будівельні норми і правила;  
ЦПП – целюлозно-паперова промисловість;  
ПрАТ – приватне акціонерне товариство;  
ППР – планово-попереджувальний ремонт.

### Умовні позначення:

$B$  – ширина картонного полотна, м;  
 $V$  – швидкість, м/с;  
 $D, d$  – діаметри, м;  
 $H, h$  – висота, м;  
 $L, l$  – довжина, м;  
 $m$  – маса, кг;  
 $N$  – потужність, Вт;  
 $n$  – частота обертання, 1/с;  
 $t$  – температура, °С;  
 $\tau$  – час, с;  
 $S$  – сухість полотна, %;  
 $k$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  
 $I$  – момент інерції, м<sup>4</sup>;  
 $W$  – момент опору, м<sup>3</sup>;  
 $M$  – момент згинальний, Н·м;

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

$\sigma$  – напруження при згині, Па;

$E$  – модуль пружності матеріалу, Па;

$\rho$  – густина матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;

$Q$  – навантаження, Н;

$C$  – вантажопідйомність, Н;

$T$  – тягове зусилля, Н.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 12   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

## Вступ

Целюлозно-паперова промисловість - одна з провідних галузей лісового комплексу. Основа будь-якого виробництва в ЦПП - глибока термічна і хімічна переробка деревної сировини. Так виготовляється паперово-картонна продукція та вироби з неї.

Основними напрямками розвитку целюлозно-паперової промисловості є збільшення продуктивності картоноробних машин, а також покращення якості картонної продукції, що випускається. Здебільшого це залежить від ефективності процесу формування картонного полотна на сітковій частині картоноробної машини.

Оскільки останнім часом значно зросли вимоги до якості картону, виникла необхідність створення більш ефективного обладнання для його виготовлення. На сучасному етапі розвитку целюлозно-паперового виробництва інженерами створено високоефективні конструкції формуючих частин, які вирішують значну кількість існуючих раніше проблем, пов'язаних із забезпеченням рівномірної товщини та вологості картонного полотна, покращення якісних показників та продуктивності машини в цілому. Саме тому питання розробки та впровадження нових технічних рішень у напрямку формування картонного полотна є питанням високої актуальності. Від його вирішення залежить подальше підвищення якості та споживчих властивостей картону, а також в значній мірі зниження метало- та енергоємності картоноробних машин.

Метою магістерської дисертації є модернізація формуючої частини картоноробної машини з розробкою масонапускного пристрою.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступне: описати конструкцію формуючої частини картоноробної машини та основних її складальних одиниць та деталей, обґрунтувати вибір матеріалів. Потрібно порівняти основні показники розробленої конструкції з аналогами, провести патентні дослідження та навести заходи по охороні праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях; виконати необхідні розрахунки для підтвердження працездатності та надійності елементів формуючої частини; надати рекомендації

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 13   |

щодо монтажу та експлуатації та визначити рівень стандартизації та уніфікації розробленої конструкції. Необхідно виконати техніко-економічне обґрунтування модернізації масонапускного пристрою; розробити та описати технологічний процес виготовлення деталі (кришки) та схему автоматичного керування технологічним процесом формування картонного полотна. Розробити креслення формуючої частини, масонапускного пристрою та грудного валу.

Завдання на магістерську дисертацію отримано 02 вересня 2019 року під час проходження переддипломної практики на ПрАТ «ККПК».

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |



## 1. Призначення та область застосування формуючої частини

Картон є пружно-пластичним, капілярнопористим листовим матеріалом, що складається головним чином з дрібних рослинних волокон, відповідним чином оброблених і з'єднаних в лист, в якому волокна пов'язані між собою поверхневими силами зчеплення.

В основі формуючої частини картоноробної машини лежить нескінченна сітка, що виткана з ниток різних сплавів міді або синтетичних матеріалів. Сіткова частина машини складається з реєстрової частини, яка починається грудним валом, грудною дошкою (формуючою), пакетами гідропланок та обмежувальними лінійками, які запобігають стіканню паперової маси по краях сітки. У цій частині сіткового столу відбувається формування картонного полотна і видалення великої частини води шляхом її стікання під впливом незначного напору маси на сітці, відсмоктувальної дії гідропланок і створенням вакууму між сіткою і гідропланками.

Утворений вологий шар волокон піддається подальшому зневодненню і формуванню на вакуум-ящиках та гауч-валі під впливом вакууму, що створюється вакуумним насосом або вентилятором.

Після проходження сіткової частини сухість картонного полотна становить 18-22%.

При своєму зворотному русі в сітковій частині машини сітка проходить ряд валів: правильні для регулювання руху сітки і запобігання її зміщення на сторону, натяжні для натягу сітки, сітководучі для підтримки руху сітки, які також виконують функцію очистки валів шаберами від маси.

Для очищення тканини сітки і підтримки її в чистоті використовується водяне сопло.

Відпрацьована вода з сіткової частини і від вакуум-ящиків збирається в приямок під сітковою частиною машини, звідки насосом подається в збірник оборотної води з переливом.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 15   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

## 1.1 Опис технологічного процесу

Технологічна схема КРМ для виготовлення картону показана на рис.1.1.

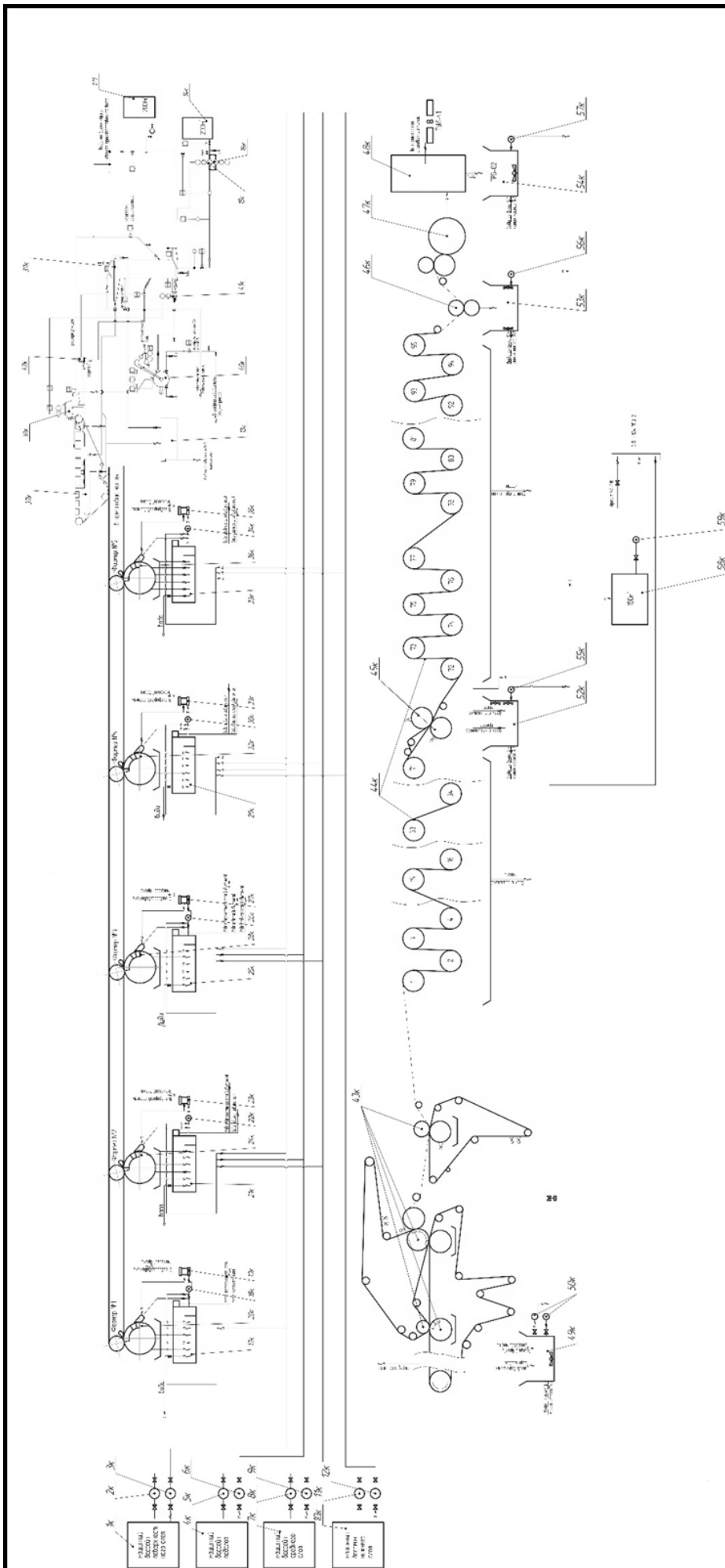
У відповідності з цим картоноробна машина поділена на кілька частин різного функціонального призначення: формуючу частину (напірний ящик та сіткова частина), пресову частину, сушильну частину та обробну частину (каландр і накат).

Сіткова частина КРМ призначена для формування картонного полотна з волокнистої маси та попереднього його зневоднення до сухості 18 – 22 % шляхом фільтрації води. На початку формуючої частини встановлено напірний ящик. Він призначений для рівномірної подачі тонкого шару волокнистої маси на рухому сітку. Картонні волокна осідають на сітці, а вода проходить під сітку в спеціально встановлений піддон. Процес зневоднення маси інтенсифікується шляхом встановлення в підсітковому просторі гідропланок та відсмоктуючих ящиків.

Подальше зневоднення відбувається в пресовій частині механічним віджиманням під дією тиску і вакууму шляхом пропуску полотна через кілька пресів, розташованих послідовно (часто перший і другий преси об'єднані в здвоєний прес). При цьому підвищуються об'ємна маса, властивості міцності, прозорість і знижується пористість. Пресування виконується між сукнами, які оберігають ще слабкий картон від руйнування, вбирають віджату вологу і одночасно транспортують полотно. Потім полотно картону з сухістю, зазвичай, до 45% надходить в сушильну частину.

Сушильна частина (найбільша по довжині) складається з обертових циліндрів, що обігріваються зсередини парою і розташованих зазвичай в два ряди в шаховому порядку. Полотно притискається до нагрітої поверхні циліндрів за допомогою сукон, що поліпшують тепловіддачу і запобігають викривлення і зморщування поверхні картону при сушінні.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 16   |



1к – машинний басейн поверхнього шару; 2к, 3к, 5к, 6к, 8к, 9к, 11к, 12к, 15к, 16к – відцентровий насос; 4к – машинний басейн підслоя; 7к – машинний басейн середнього шару; 10к – машинний басейн нижнього шару; 13к, 17к, 21к, 25к, 29к, 33к – збірник підсіткових вод; 14к – машинний басейн верхнього шару; 18к, 22к, 26к, 30к, 34к, 41к – змішувальний насос 2 ступеня; 19к, 23к, 27к, 31к, 35к – вертикальна сортувалька; 20к – вакуум-формер 1; 24к – вакуум-формер 2; 28к – вакуум-формер 3; 32к – вакуум-формер 4; 36к – вакуум-формер 5; 37к – плоский формуючий стіл; 38к – напірний ящик; 39к – збірник реєстрових вод; 40к – горизонтальна сортувалька; 42к – бак переливу; 43к – пресова частина; 44к – сушильна частина; 45к – клейний прес; 46к – каландр; 47к – накат; 48к – продольно - різальний верстат; 49к – гідророзбивачі (мокрого) брака; 50к, 55к, 56к, 57к, 59к, 60к, 63к, 64к – насос; 51к – буферний басейн браку; 52к – гідророзбивачі після клеїльного преса; 53к – гідророзбивачі після сушильної частини; 54к – гідророзбивачі після поздовжньо - різального верстата; 58к – басейн після гідророзбивача; 61к – згущувач браку; 62к – басейн браку з гауч - мішалки; 65к – насос для розведення води.

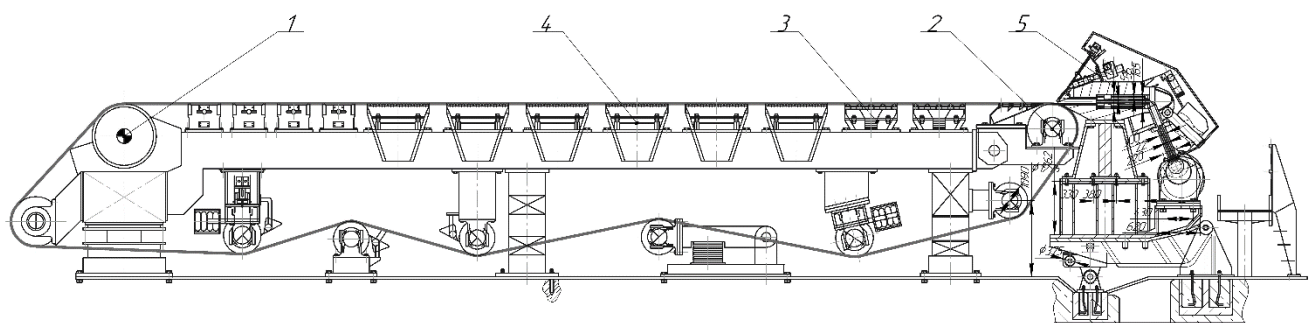
Рисунок 1.1 – Технологічна схема КРМ для виготовлення картону

Верхній і нижній ряди сушильних циліндрів мають роздільні сукна, причому одне сукно охоплює відразу кілька циліндрів (група сушильних циліндрів). Полотно картону рухається з верхнього циліндра на нижній, потім на сусідній верхній і т.д. При цьому картон висушується до вмісту залишкової вологи 5-7%.

Оздоблювальна частина являє собою каландр, що складається з 5-10 розташованих один над одним валів з чавуну. Попередньо картон для додання йому більшої еластичності і м'якості охолоджується і трохи зволожується на холодильному циліндрі, в якому через пустотілі шийки підводиться і відводиться холодна вода. При русі між валами зверху вниз полотно стає більш гладким, ущільнюється і вирівнюється по товщині. Потім картон намотується нескінченною стрічкою в рулони на накаті.

## 1.2 Вибір типу установки, апаратів, їх місце в технологічній схемі

Раніше в картоноробній машині було поширеним використання односіткових (плоскосіткових) частин (рис.1.2). Проте такий тип формувальної частини має такі недоліки як велика довжина, мала швидкість напуску паперової маси та довготривалий час формування картонного полотна.



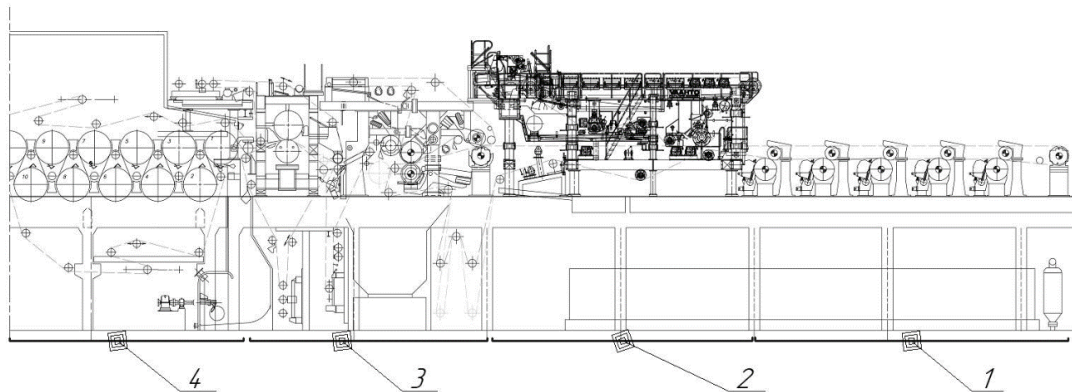
1 – Гауч-вал; 2 – грудний вал; 3 – гідропланка; 4 – вакуум-ящик;

5 – масонапускний пристрій.

Рисунок 1.2 – Плоскосіткова формуюча частина

Вказаних недоліків позбавлені двосіткові формувальні частини (рис. 1.3). У них суспензія волокнистого матеріалу вприскується в утворений між двома сітками зазор. Тому зневоднення може відбутися одночасно через дві сітки, що

інтенсифікує процес фільтрації. Це призводить до зменшення енерговитрат та втрати волокна. Проте в багатьох випадках існуючі КРМ неможливо вдосконалити, шляхом встановлення цього типу формуючої частини.

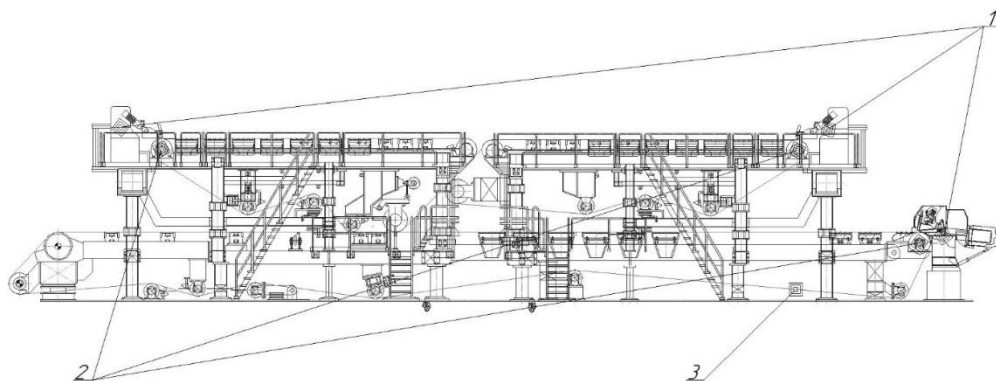


1 – формуюча частина основного шару; 2 – формуюча частина покрівельного шару; 3 – пресова частина; 4 – сушильна частина;

Рисунок 1.3 – Двосіткова картоноробна машина

Також існують багатоярусні плососіткові частини, що дозволяють досягнути більш високої масової продуктивності.

Тому вирішено розробити формуючу частину плососіткового типу з додатковим верхнім розміщенням двох плососіткових столів на базі існуючої конструкції Київського картонно-паперового комбінату (рис. 1.4). Це дозволить збільшити загальну продуктивність КРМ по абсолютно сухому картону без зміни технологічних параметрів її роботи.



1 – масонапускний пристрій; 2 – грудний вал; 3 – сукно

Рисунок. 1.4 – Формуючу частину плососіткового типу з додатковим верхнім розміщенням двох плососіткових столів

Дана конструкція складається з основного нижнього плоскіткового столу та двох плоскіткових верхніх. Один з них, останній за рухом картонного полотна, призначений для формування поверхневого шару картону. Встановлення проміжного верхнього столу можливе без демонтажу існуючих конструкцій.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 20   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

## 2. Технічна характеристика

Технічна характеристика сіткової частини КРМ наведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика сіткової частини КРМ

| Найменування параметру                         | Одиниця вимірювання                   | Величина     |
|--|---------------------------------------|--------------|
| 1. Швидкість машини                            | м/с (м/хв)                            | 10 (600)     |
| 2. Продуктивність                              | кг/с (т/год)                          | 4,5 (14)     |
| 3. Споживча потужність                         | кВт                                   | 250          |
| 4. Обрізна ширина картонного полотна           | м                                     | 4,25         |
| 5. Маса 1 м <sup>2</sup> картону               | кг/м <sup>2</sup> (г/м <sup>2</sup> ) |              |
| а) загальна                                    |                                       | 0,17 (170)   |
| б) поверхневого шару                           |                                       | 0,055 (55)   |
| в) середнього шару                             |                                       | 0,05 (50)    |
| г) основного шару                              |                                       | 0,07 (70)    |
| 6. Габаритні розміри:                          | м                                     |              |
| довжина  |                                       | 32           |
| висота   |                                       | 6,4          |
| ширина   |                                       | 11,5         |
| 7. Маса сіткової частини                       | кг (т)                                | 350000 (350) |
| 8. Довжина сіткового столу основного шару      | м                                     | 17,7         |
| 9. Довжина сіткового столу середнього шару     | м                                     | 13,5         |
| 10. Довжина сіткового столу покрівельного шару | м                                     | 13,5         |
| 11. Довжина сітки основного шару               | м                                     | 72,11        |
| 12. Довжина сітки середнього шару              | м                                     | 34,79        |
| 13. Довжина сітки покрівельного шару           | м                                     | 30,27        |
| 14. Сухість полотна після формуючої частини    | %                                     | 21           |

### 3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції

#### 3.1 Конструкція і принцип дії виробу, основних складальних одиниць і деталей

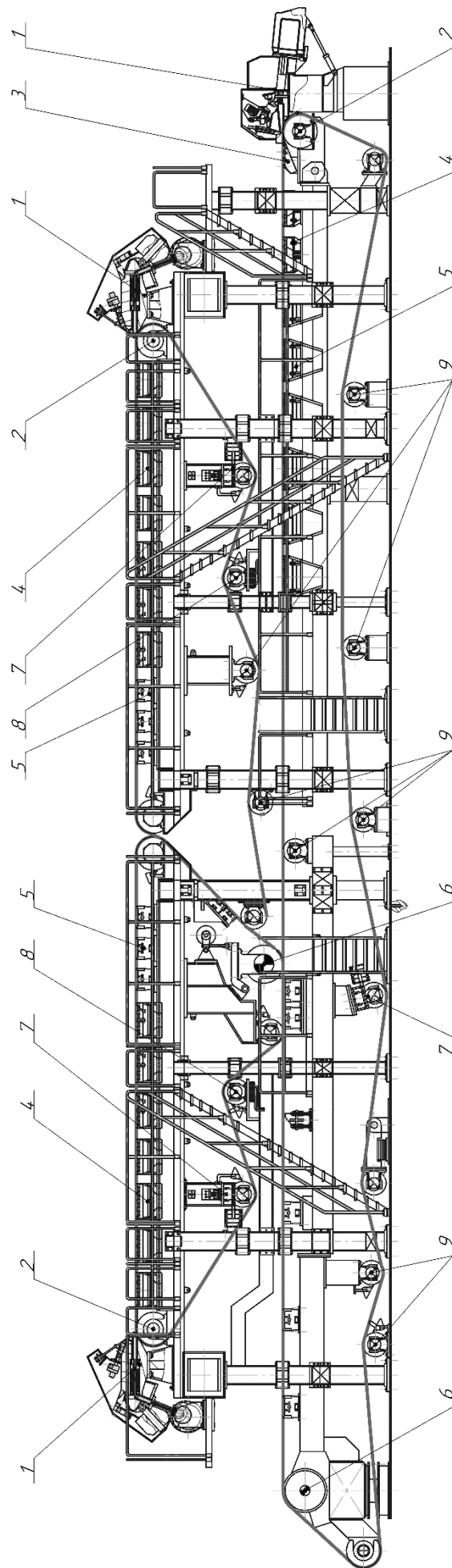
Схема формуючої частини зображена на рисунку 3.1. Основними елементами конструкції, що розробляється є три плоскоформуючі столи, три безкінечні сітки, масонапускний пристрій, відсмоктувальний гауч-вал, вакуум-ящики, гідропланки, формуючий ящик, грудний вал, пневматичні сіткоправки та сітководучі вали.

Дана конструкція складається з основного нижнього плоскосіткового столу та двох верхніх. Один з них, останній за рухом картонного полотна, призначений для формування поверхневого шару картону. Встановлення проміжного верхнього столу можливе без демонтажу існуючих конструкцій. За такої конструкції формуючої частини відбувається поєднання трьох шарів картону від кожного з плоских столів.

Вилив паперової маси виконується за допомогою масонапускних пристроїв, здебільшого гідродинамічного відкритого та закритого типів та високотурбулентного типу. Останні дозволяють працювати за більш високих швидкостей з отриманням якісного картонного полотна. В цілому, масонапускний пристрій має забезпечувати швидкий та рівномірний вилив паперової маси на сітчасту поверхню. Тому вирішено встановити сучасний масонапускний пристрій гідродинамічного типу. Одразу після виливу паперова маса потрапляє на реєстрову частину, яка необхідна для формування та зневоднення картонного полотна до заданої сухості. Вона проходить формуючий ящик, який призначений для регулювання процесу формування та зневоднення полотна. Далі паперова маса рухається через пактети гідропланок, які встановлюються для видалення води безпосередньо з паперової маси за рахунок розрідження, створюваного на похилій поверхні і потрапляє на вакуум-ящики та гауч вал, які зневоднюють картонне полотно відповідно до 14 % та 21 %.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 22   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |



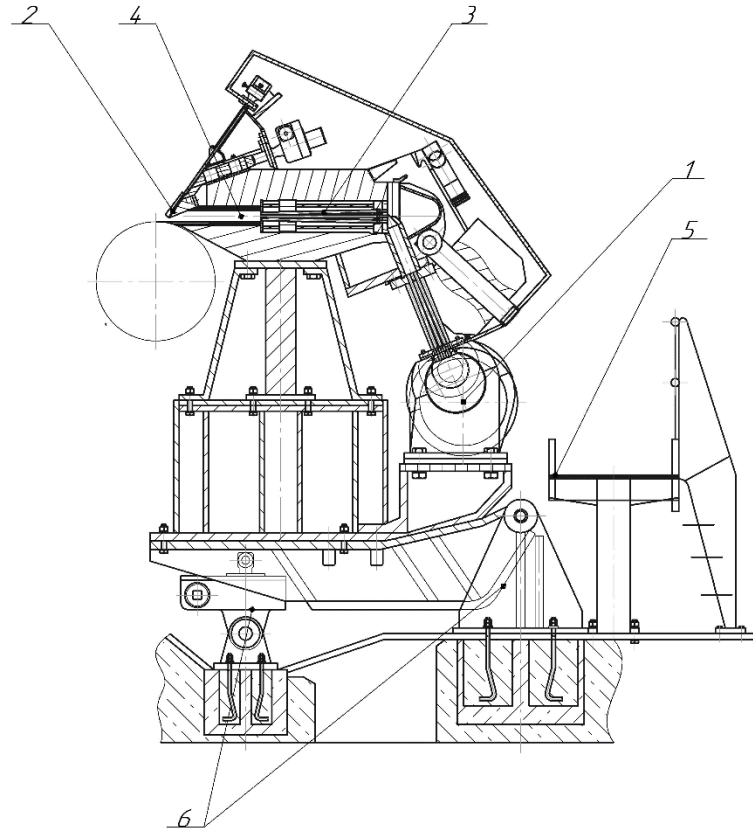


1 – масонапускний пристрій; 2 – грудний вал; 3 – формуючий ящик; 4 – гідропланки; 5 – вакуум-ящики; 6 – гауч-вал; 7 – сітковод; 8 – сітковод; 9 – сітководні вали.

Рисунок 3.1 – Формуюча частина картоноробної машини

## Масонапускний пристрій формуючої частини КРМ

Основними конструктивними елементами напірного ящика (рисунок 3.3) є колектор, розподільний елемент, генератор турбулентності, вирівнююча камера, сходи обслуговуючі, платформа та опори.



1 – колектор; 2 – напускна щілина; 3 – генератор турбулентності; 4 – вирівнююча камера; 5 – сходи обслуговуючі; 6 – опори.

Рисунок 3.3 – Масонапускний пристрій

Робота напірних ящиків турбулентного типу основана на принципі пропускання суспензії перед напуском її на сітку через ряд вузьких каналів або щілин. Тертя суспензії об стінки каналів призводить до виникнення інтенсивної турбулентності, а розмір каналів обмежує масштаб турбулентності в потоці.

Розподіл суспензії по ширині машини забезпечує розподільувач потоку з системою труб або перфорованою плитою. Після невеликої проміжної камери суспензія проходить через турбулізуючі елементи, що представляють собою пучок труб або кілька гнучких листів, розташованих по висоті.

Турбулізуючі елементи розташовуються по можливості ближче до випускної щілини. Місце зустрічі струменя з сіткою регулюється або

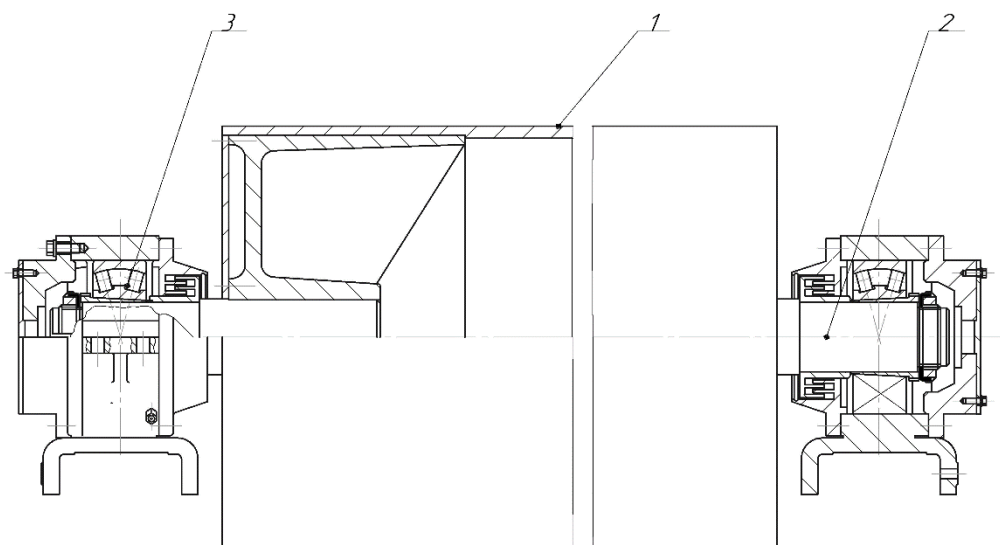
|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 24   |

переміщенням верхньої губи уздовж потоку, або переміщенням всього ящика. Для гасіння пульсацій тиску в потоці волокнистої суспензії в деякі конструкції напірних ящиків встановлюється вирівнююча камера.

Аналіз конструкцій масонапускних систем показує, що головним напрямком в проектуванні напускних систем є прагнення контролю турбулентності потоку для покращення перемішування та якісних характеристик картонного полотна.

### Грудний вал

Грудний вал (рисунок 3.4), що встановлюються на початку сіткового столу, виготовляється з трубчастим перетином. Зовнішній діаметр вала може бути від 400 до 1000 мм, товщина стінки від 6 до 8 мм; вали облицьовуються твердою гумою. При збільшенні діаметра вала зменшуються напруги вигину, що виникають при охопленні вала сіткою. Зазвичай грудний вал приводиться в обертання сіткою. В поодиноких випадках привід грудного вала здійснюється електродвигуном.



1 – оболонка вала; 2 – цапфа; 3 – підшипниковий вузол.

Рисунок 3.4 – Грудний вал

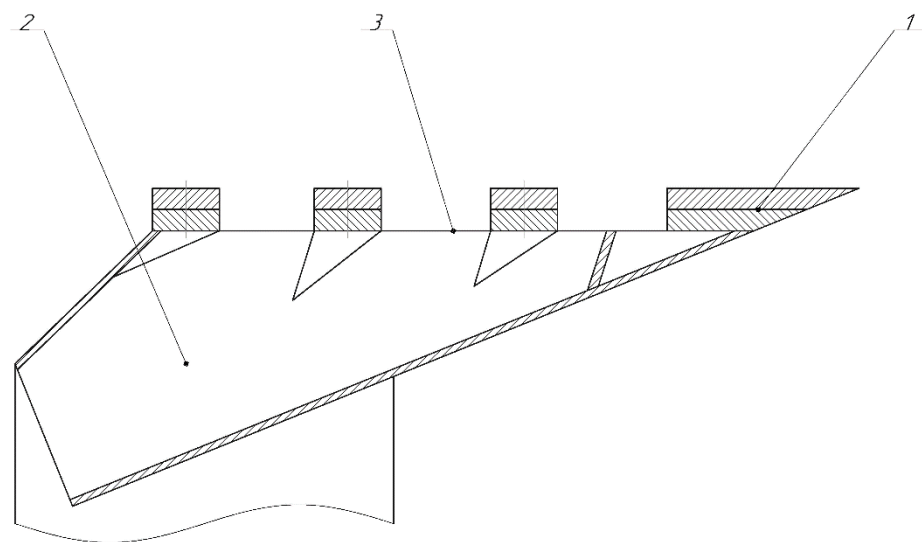
Поверхня валу очищається від волокон шабером. Для зменшення зносу вала шабер здійснює зворотно-поступальний рух уздовж осі вала за допомогою гідравлічного або пневматичного пристроїв. При заміні сітки з метою зменшення відстані між осями гауч-вала і грудного вала його опускають і підвішують до

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 25   |

балок сіткового столу. Для опускання грудного вала використовуються пневматичний гідравлічний двигун або електродвигун, сполучений з редуктором.

### Формуючий ящик

Формуючий ящик (рисунок 3.5) встановлюється за грудним валом і призначений для регулювання процесу формування та зневоднення полотна. Зазвичай використовують суцільні формуючі ящики або ящики, що складаються з окремих планок. Передню кромку ящика загострюють, щоб наблизити її до грудного валу. Завдяки особливій конструкції формуючого ящика створюється розрідження, що притискує сітку до форми ящика і запобігає вібраціям сітки в зоні грудного вала.



1 – передня кромка; 2 – корпус ящика; 3 – місце створення розрідження.

Рисунок 3.5 – Формуючий ящик

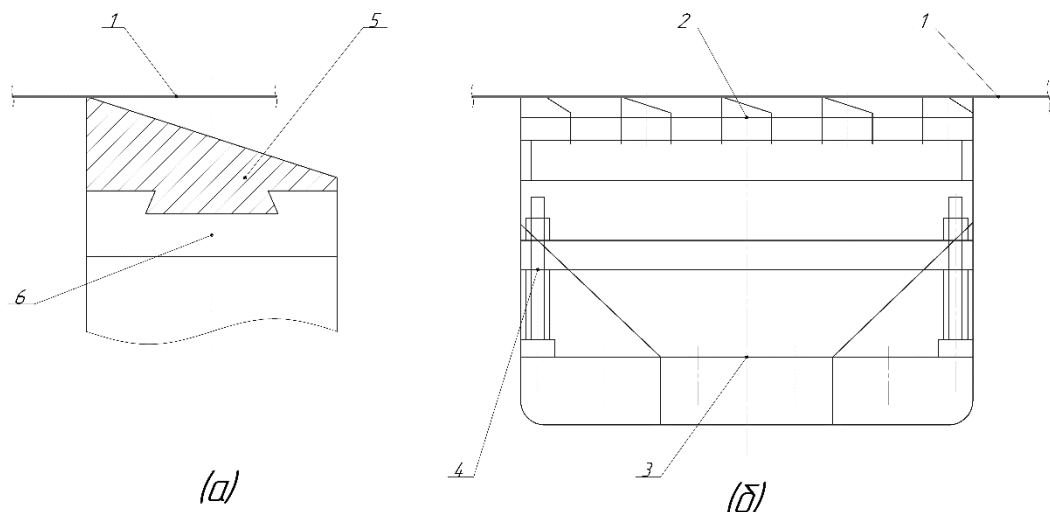
Планки формуючого ящика виготовляють з високомолекулярного поліетилену або оксидної кераміки, корпус - з нержавіючої сталі. При роботі машини між сіткою і ящиком не повинно бути зазору, в який може потрапляти вода, порушуючи стабільність процесу формування. Щоб уникнути захоплення повітря осередками сітки верхню губу напірного ящика встановлюють таким чином, щоб невелика частина потоку, що виходить з напірного ящика, потрапляла на сітку між грудним валом і формуючим ящиком, а основна частина потоку - на передню (широкую) планку формуючого ящика.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 26   |

## Гідропланки

Численні конструкції гідропланок можна розділити на дві групи:

- одинарні гідропланки (рис. 3.6 а), що дозволяють регулювати положення робочої частини планки по відношенню до руху сітки;
- пакетне розташування гідропланок (рис. 3.6 б) з однаковими конструктивними параметрами по зневодненню.



а – одинарна гідропланка; б – пакет гідропланок

1 – сітка; 2 – гідропланка; 3 – стік води; 4 – кріплення гідропланки;

5 – робоча частина; 6 – корпус.

Рисунок 3.6 – Гідропланки

Застосування названих конструкцій гідропланок залежить від технологічних параметрів виробництва картону, але ефективніше в експлуатації пакетне розташування гідропланок. Стандартні гідропланки для виробництва картону, що працюють на швидкостях до 500-550 м/хв, виготовляються з високомолекулярного поліетилену низького тиску. При швидкостях машин понад 550-600 м/хв доцільно застосовувати керамічні гідропланки, хоча вони і значно дорожче.

Процес зневоднення картонного полотна із застосуванням гідропланок ділиться на дві стадії:

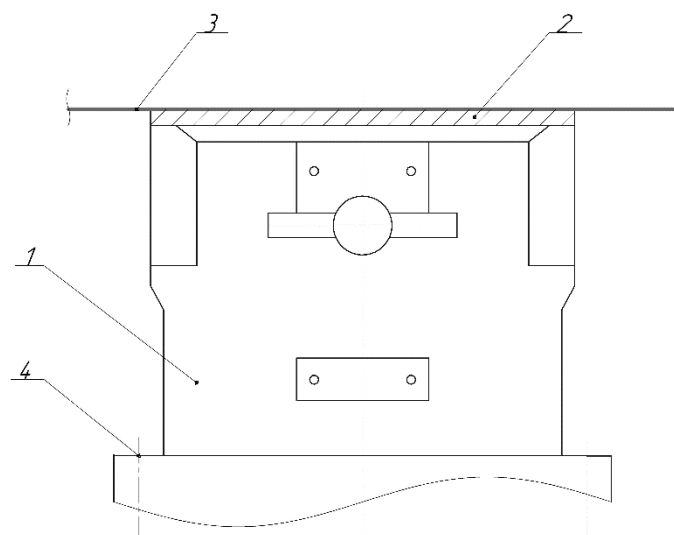
1. Перша стадія - це видалення води безпосередньо з паперової маси за рахунок розрідження, створюваного на похилій поверхні гідропланки.

2. Друга стадія - це видалення води з нижньої поверхні сітки передньої направляючої гранню гідропланки.

При зневодненні картону на гідропланках перепад тиску на них приблизно в 2-3 рази нижче, ніж на реєстрових валиках, і його чисельне значення можна регулювати зміною кута нахилу похилої поверхні гідропланки. Зменшенням кута і подовженням похилій поверхні гідропланки можна зменшити перепад тисків, не змінюючи в цілому площі зневоднення. При цьому процес формування проходить більш плавно, зростає утримування дрібного волокна, наповнювача і барвника в картонному полотні, а його структура по товщині більш однорідна з мінімальною різницею властивостей між сторонами листа.

### Вакуум-ящики

Вакуум-ящики (рис. 3.7) з успіхом використовуються практично при будь-яких швидкостях картоноробної машин, особливо при низьких, з метою утримання дрібного волокна, наповнювача і барвника. При роботі на високих швидкостях відсмоктуючі ящики доцільно встановлювати в зоні активного формування картонного полотна, де важливо підтримувати вакуум без значних перепадів, щоб забезпечити утворення рівномірної структури картону по товщині листа.



1 – корпус; 2 – покриття; 3 – сітка; 4 – кріплення вакуум-ящика.

Рисунок 3.7 – Вакуум-ящик

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 28   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

При швидкостях картоноробної машин 300 - 400 м/хв поверхні планок відсмоктуючих ящиків покриваються поліетиленом високої щільності. При швидкостях понад 500 м/хв і при виробленні картону з високою зольністю, як і в гідропланках використовується кераміка, що забезпечує стабільність технічних параметрів. Це надзвичайно важливо при роботі на швидкостях в діапазоні від 700 - 900 м/хв і вище.

Сухість полотна картону після відсмоктуючих ящиків становить від 6 % до 14%. Ширина зони відсмоктування на ящиках в залежності від ширини картону на сітці регулюється форматними шаберами. На сучасних машинах корпуси відсмоктуючих ящиків виконуються зварними з нержавіючої сталі.

При збільшенні вакууму інтенсивність зневоднення підвищується. Однак не слід підтримувати вакуум вище необхідного для нормальної роботи, так як при цьому погіршується якість картону, збільшується провал дрібного волокна крізь сітку, посилюється маркування картону. Це призводить до більшої різнобічності картонного полотна, а також зростають знос сітки і споживана потужність сіткової частини. Для зменшення зносу сітки до матеріалу покриття відсмоктуючих ящиків ставляться такі вимоги:

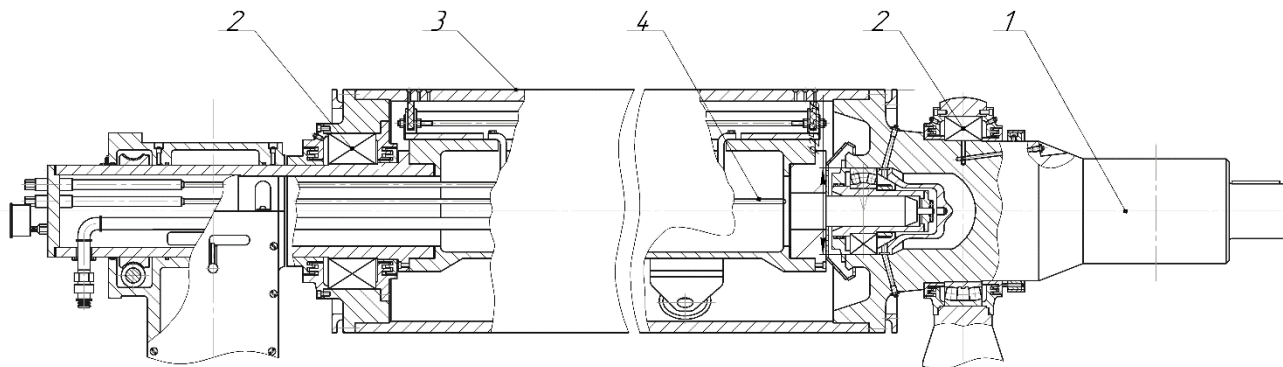
- мінімальний коефіцієнт тертя з сіткою;
- висока зносостійкість.

Для забезпечення цих вимог як матеріал використовуються фторопласт-4, високоглиноземлиста кераміка, що містить до 90-95%  $Al_2O_3$ , а також карбід кремнію. Ці матеріали відрізняються низьким коефіцієнтом тертя з матеріалом сітки ( $f = 0,03 - 0,035$ ).

### **Гауч-вал**

Після відсмоктуючих ящиків картонне полотно зневоднюється на відсмоктуючому гауч-валі (рис. 3.8) до сухості 17 - 22%. Гауч-вал складається з нижнього відсмоктуючого вала і верхнього легкого притискного валика, що ущільнює картонне полотно. Відсмоктуючий камерний вал складається з обертового перфорованого циліндра, всередині якого знаходиться нерухома відсмоктуюча камера шириною від 180 до 230 мм.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 29   |



1 – цапфа вала; 2 – підшипниковий вузол; 3 – оболонка вала;  
4 – відсмоктуюча камера.

Рисунок 3.8 – Гауч-вал

Під дією вакууму в камері і тиску вала видалена вода з картонного полотна частково потрапляє в відсмоктувальну камеру, а основна частина води залишається в отворах відсмоктувального вала. Звідти після проходження зони вакууму викидається під дією повітря, що входить з великою швидкістю в ці отвори. При збільшенні швидкості машини частка води, що потрапляє в відсмоктувальну камеру, зменшується, так як зростає дія відцентрової сили, що перешкоджає просуванню води в камеру.

Основними вузлами відсмоктуючого вала є перфорований циліндр, відсмоктуюча камера, кришки і підшипники. До циліндру з лицьового боку болтами кріпиться кришка з цапфою, через яку проходить відповідний патрубок відсмоктувальної камери. З приводного боку циліндра прикріплена кришка з подовженою приводної цапфою, що поєднана муфтою з редуктором приводу. Підшипники кочення або ковзання встановлюються на цапфах. Відвідний патрубок відсмоктувальної камери з лицьового боку закріплений на станині. Хвостовик камери з приводний боку спирається на підшипник кочення, корпус якого розташований всередині приводний цапфи. При заміні сітки вал з лицьового боку необхідно підняти, щоб зняти підставку на лицьовій стороні. Для підйому вала передбачений механізм (гвинтовий або гідравлічний), розташований на кінці приводний цапфи. У піднятому положенні вал розташовується консольно і спирається на підшипник, розташований з приводного боку машини.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 30   |



Циліндри відливають з бронзи відцентровим литтям. Товщина стінки такого циліндра визначається необхідною жорсткістю і міцністю і становить 25 - 30 мм для машин шириною 2520 мм і 35 - 60 мм - для машин шириною до 8400 мм.

Литі або зварні циліндри виготовляються також з нержавіючої сталі. Це не тільки призводить до економії кольорового металу, а й дозволяє зменшити товщину стінки циліндра. У зв'язку з цим в отворах вала знаходиться менша кількість води, яка потім викидається з отворів повітрям, що входять з великою швидкістю в отвори, і частково може потрапити на картонне полотно.

На поверхні циліндра в певному порядку розташовані наскрізні отвори діаметром 7-8 мм. Для збільшення площі відсмоктування і зменшення маркування картонного полотна отвори зенкують на глибину 5 мм (діаметр зенківки 13-14 мм).

Від ширини зони відсмоктування залежить потужність, споживана вакуумними насосами. Відсмоктуюча камера встановлюється під кутом до вертикалі так, щоб зона відсмоктування була повністю охоплена картонним полотном. Оптимальне розташування камери визначається в процесі експлуатації машини. Для цього передбачена можливість повороту камери з лицьового боку вручну за допомогою черв'ячної передачі.

Перед викочуванням з вала для заміни ущільнень або для чистки камера встановлюється вертикально. При викочуванні камера спирається з приводного боку на ролики. Відсмоктуючу камеру виготовляють з чавуну або сталі. Між внутрішньою поверхнею циліндра і відсмоктуючою камерою встановлюються ущільнення, поздовжні осі вала і поперечні ширини камери. Передбачена можливість переміщення поперечних ущільнень уздовж осі вала в залежності від ширини картону. Для зменшення зносу циліндра і ущільнень встановлюється сопло, що подає воду між ущільненням і циліндром.

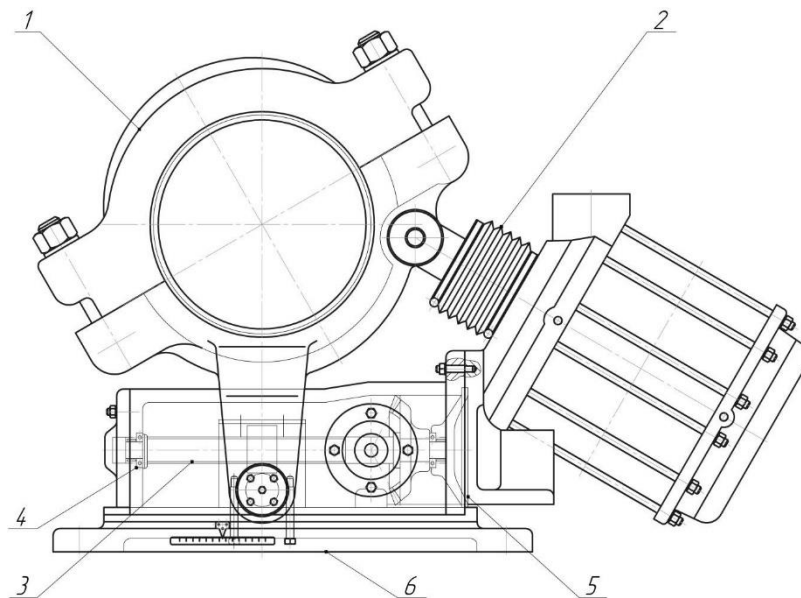
### **Сіткоправка**

У зв'язку з можливою непаралельністю валів сіткової частини, а також внаслідок коливань величини вакууму в відсмоктуючих ящиках по ширині машини, нерівномірного подовження сітки, коливань концентрації маси по

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 31   |

ширині машини, сітка КРМ може зміщуватися щодо осі машини на лицьовий або на приводний бік машини.

Для утримання сітки симетрично щодо осі машини на неробочій частині сітки встановлюється механізм правки (рис. 3.9), що має сіткоправильний валик. Підшипник сіткоправильного валика на приводній стороні закріплюється шарнірно, а з лицьового боку може переміщатися вліво або вправо від середнього положення на 100-150 мм. Це дає можливість встановлювати правильний валик не паралельно іншим валів. У ручних механізмах правки валик переміщують маховичком за допомогою гвинтової передачі. Якщо сітка по ходу свого руху зміщується від осі машини, то правильний валик, спочатку розташований паралельно іншим валам сіткової частини, необхідно змістити.



1 – вал сіткоправильний, 2 – пневмоциліндр, 3 – вал регулювальний,  
4 – підшипниковий вузол валу регулювального,  
5 – маховик, 6 – корпус

Рисунок 3.9 – Сіткоправка пневматична

Як правило, для редагування сітки встановлюються автоматичний і ручний механізми, які іноді поєднуються в одному пристрої або встановлюються на різних сторонах одного правильного вала. У сітковій частині в якості виконавчого механізму автоматичного пристрою правки найчастіше використовуються пневмобалони, іноді - мембранні пристрої.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 32   |

### 3.2 Вибір матеріалів

Вали виготовляються з наступних матеріалів:

1. Циліндр гауч-вала відливають з бронзи відцентровим литтям. Литі або зварні циліндри виготовляються також з нержавіючої сталі. Це не тільки призводить до економії кольорового металу, а й дозволяє зменшити товщину стінки циліндра. Відсмоктуючу камеру виготовляють з чавуну або сталі.

2. Сітководучі вали – трубчастої конструкції з чавунними патронами - цапфами. Поверхня валів облицьована гумою.

3. Грудний та сіткоповоротний вали за конструкцією аналогічні. Вони виготовляються зі сталевих труб, облицьованих гумою.

Гідропланки, формуючий і відсмоктуючі ящики виготовляються з таких матеріалів:

1. Гідропланки виготовляються з високомолекулярного поліетилену низького тиску або з кераміки. Хоча останні значно дорожче.

2. Планки формуючого ящика виготовляють з високомолекулярного поліетилену або оксидної кераміки, корпус - з нержавіючої сталі.

3. Поверхні планок відсмоктуючих ящиків покриваються поліетиленом високої щільності або використовують керамку. Також використовують фторопласт-4, високоглиноземлисту кераміку, що містить до 90-95%  $Al_2O_3$ , а також карбід кремнію.

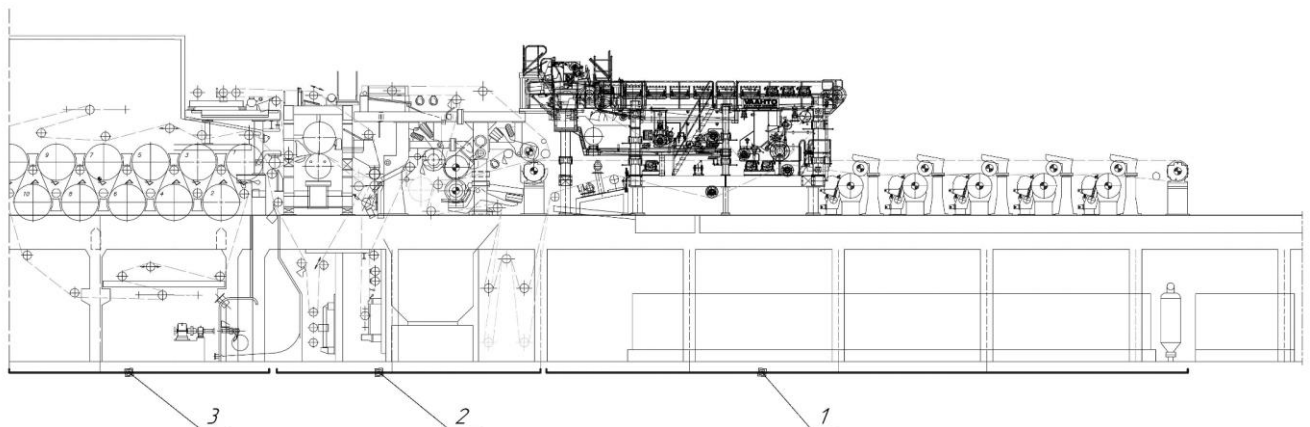
Піддон виконаний у вигляді коробу, встановленого на несучих повздовжніх балках. Внутрішня поверхня піддону хромована для захисту від корозії.

Сітки формуючої частини виготовляють із синтетичних волокон. Синтетичні сітки виготовляють із високоміцного поліефірного, поліамідного та поліетиленового та інших волокон, що піддаються спеціальній термічній обробці, із покриттям із синтетичних смол для підвищення стійкості до стирання.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 33   |

### 3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції сіткової частини з аналогами

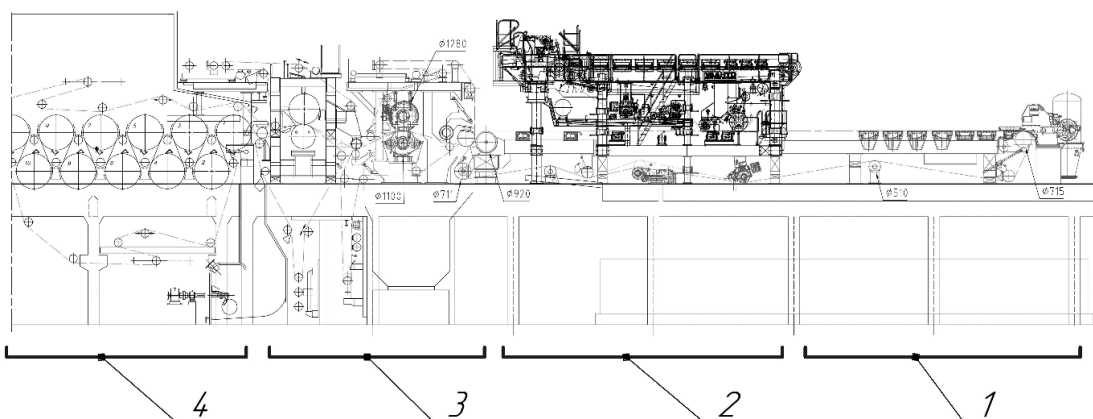
Найближчим аналогом до розробленої конструкції є картоноробна машина марки К- 27 (рис. 3.10), виготовлену заводом «Іжтяжмаш» і доукомплектовану фірмою «Ешер-Вісс». Вакуумформуюча частина складається з багатоциліндрової формуючої частини фірми «Ешер-ВІСС», оснащена п'ятьма вакуум-формуючими пристроями та плоским формуючим пристроєм (плоский формуючий стіл) з гідравлічним напірним ящиком НQ фірми «VAAHNTO» .



1 – формуюча частина; 2 – пресова частина; 3 – сушильна частина;

Рисунок 3.10 – Картоноробна машина марки К-27 виготовлена заводом «Іжтяжмаш» і доукомплектована фірмою «Ешер-Вісс»

За другий аналог обрано картоноробну машину виготовлену заводом “Іжтяжмаш” і модернізовану заводом ККПК (рис. 3.11).



1 – формуюча частина основного шару; 2– формуюча частина покрівельного шару; 3 – пресова частина; 4 – сушильна частина;

Рисунок 3.11 – Картоноробна машини з основним і покрівельним шаром

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 34   |

Установка двох плоскіткових частин також дає можливість виробляти картон з маси двох різних видів. Наприклад, для набуття картоном необхідних властивостей для друку на ньому покрівельний шар може мати вищу білизну, маючи масу 1 м<sup>2</sup> аналогічній сумарній масі шарів з п'яти формерів. Такий картон з покрівельним шаром матиме високі фізико-механічні показники та буде придатним, наприклад, для друку або інших цілей.

Порівняльна характеристика основних показників формуючої частини КРМ, що розробляється, із аналогами наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика основних показників формуючої частини КРМ, що розробляється, із аналогами

| Параметри  | Конструкція,<br>що<br>проектується | «Ешер-Вісс» | ККПК        |
|--|------------------------------------|-------------|-------------|
| Максимальна робоча швидкість<br>машини,<br>м/хв, (бали)* | 600<br>(3)                         | 450<br>(2)  | 400<br>(2)  |
| Обрізна ширина картону, м, (бали)*                       | 4,25<br>(3)                        | 4,2<br>(2)  | 4,2<br>(2)  |
| Ширина картону на накаті, м, (бали)*                     | 4,3<br>(3)                         | 4,3<br>(3)  | 4,3<br>(3)  |
| Продуктивність машини<br>кг/год, (бали)*                 | 5500<br>(2)                        | 6500<br>(3) | 4500<br>(1) |
| Сухість полотна після формуючої<br>частин, %, (бали)*    | 21%<br>(3)                         | 20%<br>(2)  | 21%<br>(3)  |
| Витрати електроенергії, кВт, (бали)*                     | 250<br>(2)                         | 300<br>(1)  | 200<br>(3)  |
| Сума балів   | 16                                 | 13          | 14          |

\* Максимальний бал за основні показники формуючих частин дорівнює 3. Мінімальний бал – 1.

Висновки: враховуючи, що формуюча частина, що проектується, отримала більшу кількість балів і забезпечує високу продуктивність та сухість картонного

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 35   |

полотна, при цьому максимальна робоча швидкість більше, ніж в аналогічних конструкцій, то доцільно використовувати запропонований тип формуючої частини.

### 3.4 Патентне дослідження

В проекті розроблено конструкцію масонапускного пристрою в складі сіткової частини картоноробної машини.

Предмет пошуку – 1) сіткова частина для виготовлення картону; 2) конструкції сіткового столу; 3) масонапускний пристрій.

Об'єктом пошуку є винаходи й корисні моделі.

Мета пошуку інформації – визначення патентної ситуації щодо масонапускного пристрою картоноробної машини (визначення патентоздатності спроектованої установки й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці).

Визначення держав пошуку. Встановлені такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Японія, Швейцарія.

Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, патенту на корисну модель – 6 років. Тому регламент пошуку встановлюємо в межах 1999 – 2019 рр.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація: МПК5, МПК6 і МПК7 – D21F 1/00, D21F 1/48, D21F 3/10.

Джерела інформації:

1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Укрпатенту, Роспатенту.

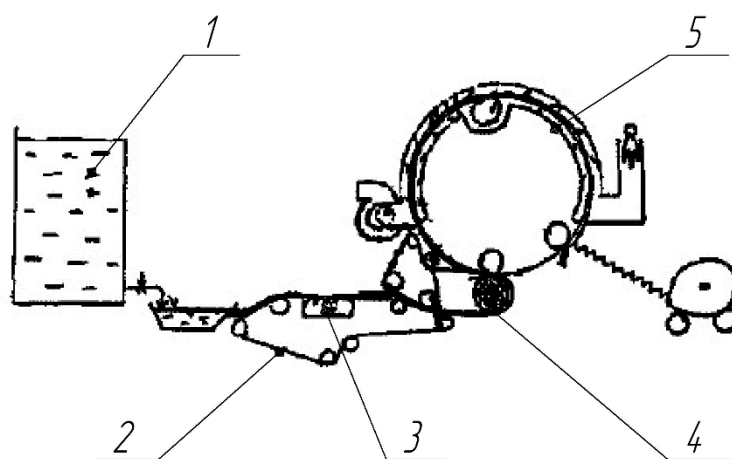
2) Науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічної технології та курсу устаткування для підготовки паперової маси.

Початок пошуку 07.10.2019 р. Закінчення пошуку 27.10.2019 р.

Усі відомості про патенти та джерела пошуку наведені у додатку В.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 36   |

У патенті України на винахід [4] авторами розроблено машину для виготовлення тонкого паперу (рисунок 3.12), яка містить такі пристрої: масонапускний, формуючий паперову полотнину, сушильний механізм та вали і шабер. Формуючий пристрій має пресовий вал та включає механізми для зневоднювання. В сушильний механізм входить теплопровід для подачі теплоносія, а також витяжний вентилятор. Вали і шабер застосовують для зняття і крепирування висушеної паперової полотнини, яка відрізняється тим, що сушильний механізм виконаний у вигляді гнучкого циліндричного нескінченного барабана обичайкового типу. Його листова теплопровідна стінка концентрично встановлена у теплопроводі подачі первісного теплоносія, який є витяжним. Утворюючи відсіки, попарно з'єднані з однієї сторони з входом вказаного теплопроводу, а з протилежної сторони - з усмоктувальним патрубком вентилятора. Опори обичайкового барабана, що підтримують його, виконані у вигляді привідних валів. Вони контактують із внутрішньою теплопровідною листовою стінкою. Один з вказаних валів встановлено напроти еластичного пресового вала з можливістю їх постійного контакту через листову теплопровідну стінку цього барабана з паперовою полотниною і сукном.



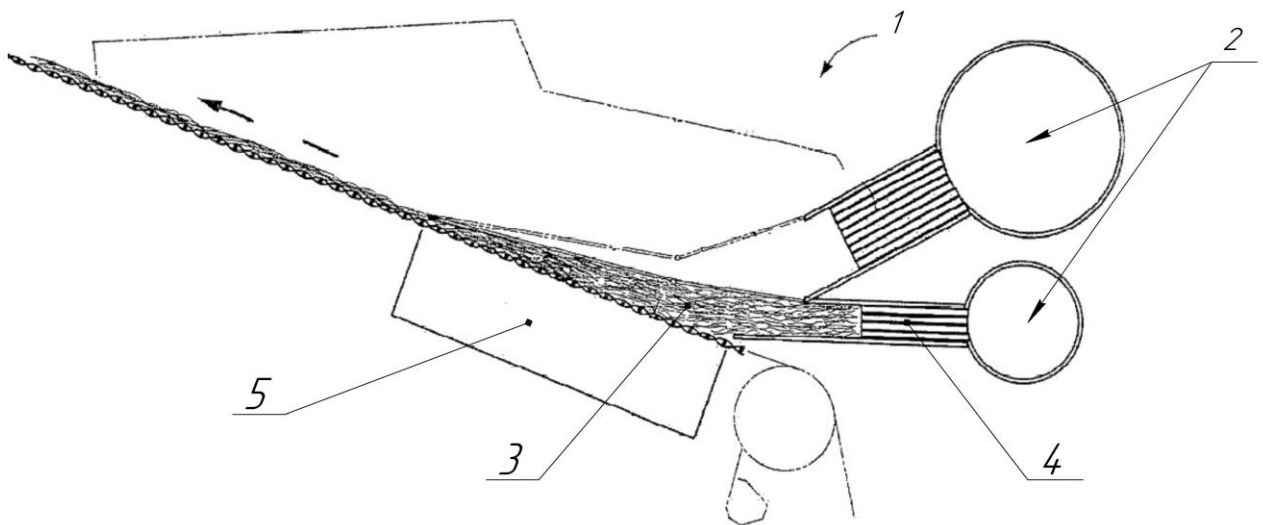
1 – масонапускний ящик; 2 – сітка; 3 – відсмоктувальний ящик; 4 – пресовий вал;  
5 – обичайковий барабан

Рисунок 3.12 – Машина для виготовлення тонкого паперу

Перевагою такої конструкції є малі габаритні розміри, мала металоємність, простота конструкції.

Недоліком є те, що на описаній конструкції можна виготовляти лише папір.

У патенті Росії на винахід [6] авторами розроблено багаторежимний напірний ящик (рисунок 3.13), що містить опорну поверхню, дві або більше камер і регульовану кришку. Кожна камера містить безліч сопел, призначених для додаткової подачі волокна для виготовлення паперу на опорну поверхню. Регульована кришка функціонально конфігурована для можливості її регулювання в діапазоні переміщення. Причому вона має утворювати формувальну область між опорною поверхнею та щонайменше однією камерою в першому режимі і між опорною поверхнею та щонайменше однією іншою камерою в другому режимі. Запропонований напірний ящик забезпечує функціональну можливість використання потоків маси з різною в'язкістю при виготовленні аркушів паперу.



1 – напірний ящик; 2 – розподільник маси; 3 – суспензія; 4 – сопла; 5 – вакуум ящик

Рисунок 3.13 – Багаторежимний напірний ящик

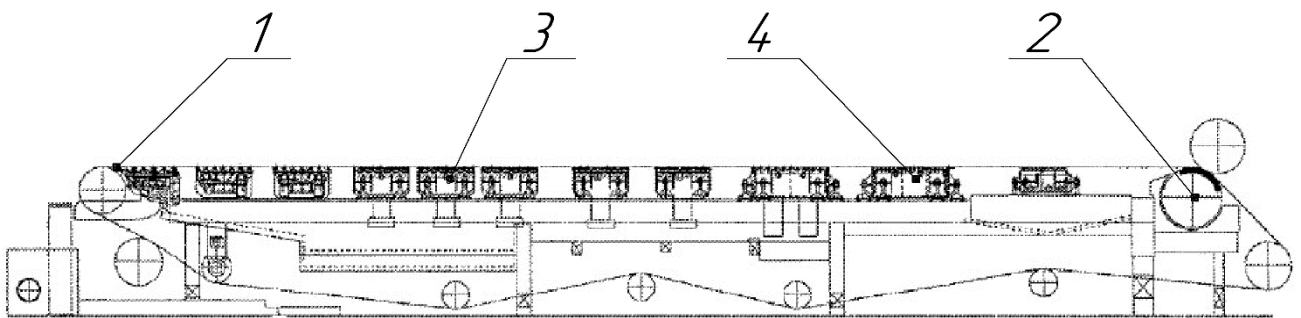
Перевагою такої конструкції є можливість створення картону з покрівельним шаром.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 38   |



Недоліком є складність конструкції.

У патенті США на корисну модель [7] авторами розроблено метод та апарат для виготовлення паперових виробів (рисунок 3.14). Покращений спосіб виготовлення паперу з целюлози включає в себе безліч підрозділів, розташованих у формувальній або мокрій ділянці “Fourdrinier”. “Fourdrinier” містить стіл для зневоднення, який має безліч лопатей. Вони є статичними або під нахилом, регульованими по висоті та/або куту, для управління орієнтацією паперових волокон на складі. Це дає можливість створити чудову якість паперу та поліпшити характеристики міцності паперу. Гравітаційні та вакуумні дренажні елементи оснащені регульованим кутом і висотою зневоднення фольги, починаючи з сухості паперу 0,1% і до 5% сухості. Результатом цього є поліпшення якості паперу, збереження волокон та хімічних речовин та забезпечення необхідних властивостей паперу.



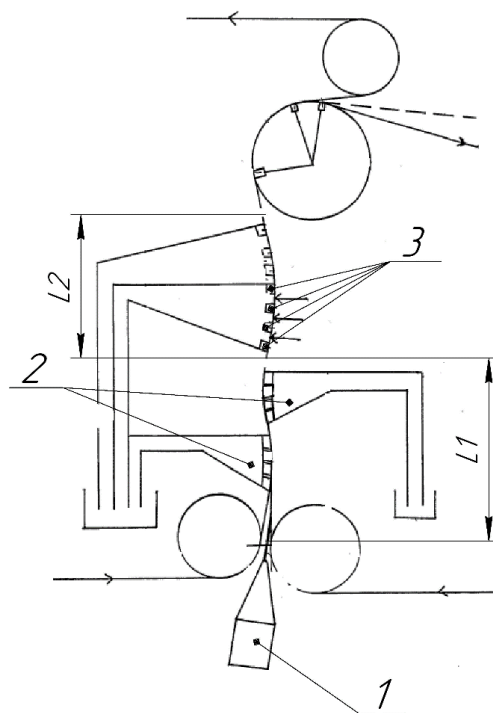
1 – формуюча дошка; 2 – відсмоктуючий вал; 3 – гідропланки; 4 – відсмоктуючий ящик

Рисунок 3.14 – Апарат для виготовлення паперових виробів

Перевагою такої конструкції є можливість виготовляти якісний папір.

Недоліками є великі габаритні розміри.

У патенті міжнародної заявки [8] на корисну модель авторами розроблено метод та апарат, що стосується способу виготовлення паперового полотна між двома сітками (рисунок 3.15).



1 – масонапускний пристрій ; 2 – башмак; 3 – леза; L1, L2 – зони зневоднення перша та друга відповідно

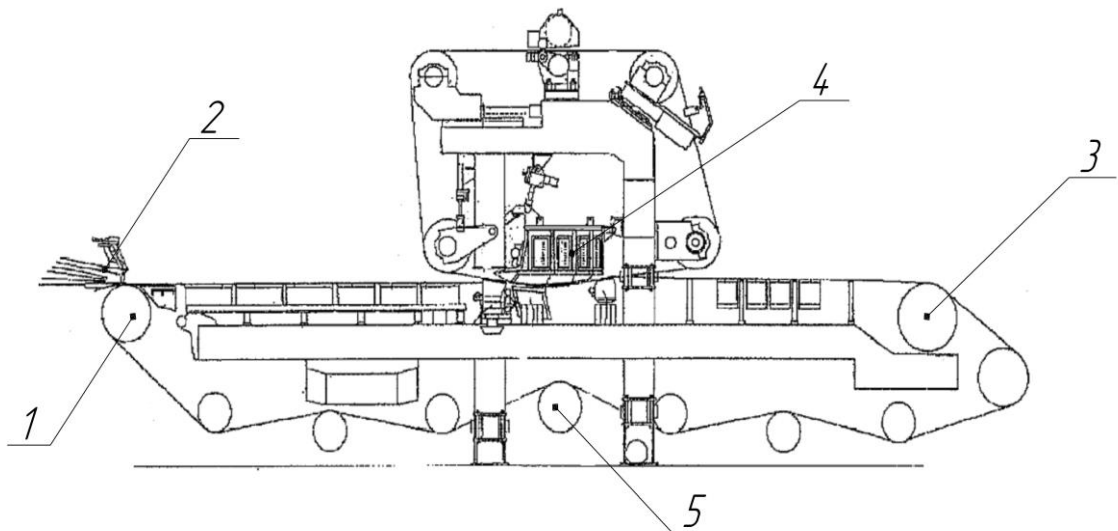
Рисунок 3.15 – Апарат для виготовлення паперу

Волокнистий матеріал, що надходить з масонапускного пристрою, направляється між формуючими сітками. Там вода видаляється з волокнистої маси принаймні у двох послідовних зонах зневоднення. Перша зона зневоднення - це криволінійна зона утворена башмаком. Друга зона утворюється фіксованими лезами для зневоднення. Винахід зроблено так, що основне зневоднення відбувається на другій зоні, а листоформування на першій зоні. Завдяки цьому отримується висока якість паперу.

Перевагою такої конструкції є можливість зневоднення в двох зонах.

Недоліками є складність конструкції.

У патенті Росії на винахід [9] авторами розроблено формуюча частина гібридного типу (рисунок 3.16), що призначена для папероробної машини. Вона має дві формуючі сітки, виконані з можливістю спільного переміщення в напрямку руху.



1 – грудний вал ; 2 – масонапускний пристрій; 3 – гауч-вал; 4 – відсмоктуючі ящики; 5 – сітководучий вал

Рисунок 3.16 – Формуюча частина гібридного типу

Сітки підтримуються наборами опорних елементів, які підтримуються відсмоктувальними ящиками. Відсмоктуючі ящики мають вигнуту підтримуючу поверхню і забезпечені, щонайменше, чотирма окремими відокремленими зонами розрідження, розташованими всередині формуючої частини. Крок опорних елементів сіток всередині кожної зони розрідження залишається постійним і зменшується в напрямку руху в послідовних зонах розрідження або зменшується в напрямку руху всередині кожної зони розрідження. Відсмоктуючі ящики, що підтримують опорні елементи сіток, монтуються так, щоб опорні елементи сіток розташовувалися в шаховому порядку щодо сторін обох формуючих сіток. Таким чином забезпечується підвищення якості продукції, що виготовляється.

Перевагою такої конструкції є можливість формування картону.

Недоліками цієї конструкції є її складність.

Подальший аналіз документації будемо здійснювати серед патентів наведених в таблиці 3.2.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 41   |

Таблиця 3.2 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

| Предмет пошуку                            | Документи та об'єкти промислової власності   |                      |
|---|--|----------------------|
|   | Бібліографічні дані  | Відомості про їх дію |
| 1   | 2  | 3                    |
| Машина для виготовлення тонкого паперу    | Патент № 5126 (UA) МПК(2006) D21F 9/00. Машина для виготовлення тонкого паперу. Седач, Пасічник О.В., Пасічник Д.В., Шисман – заявка № u20040705478, 07.07.2004; Опубл. 15.02.2005, Бюл № 2  | Діє                  |
| Багаторежимний напірний ящик              | Патент № 2443822 (RU) МПК(2006) D21F 1/02. Багаторежимний напірний ящик. Скуг Хенри, Кларк Джеймс – заявка № 2009118804/12, 07.08.2007; Опубл. 27.11.2012, Бюл № 6   | Діє                  |
| Апарат для виготовлення паперових виробів | Патент № 2014/0034261 (US) МПК(2006) D21F 1/80. Metod and machine for manufacturing paper products using fourdrinier forming. James Faufau, Andrew Forester– заявка № 8551293, Apr.21.2012; Опубл. 27.Sep.2013                     | Діє                  |
| Апарат для виготовлення паперу            | Патент № 2004/018768 (WO) МПК(2006) D21F 1/00, 9/00. Forming of a paper or Board web in a twin-wire former or in a twin-wire section of a former. Jeffrey, Michael, Korhonen – заявка № 2003/000481, 16.06.2003; Опубл. 04.03.2004 | Діє                  |
| Формуюча частина гібридного типу          | Патент № 2332534 (RU) МПК(2006) D21F 9/00, 1/48, 1/54, 1/00, Формуюча частина гібридного типу. Питт Ричард, Хелбиг Томас – заявка № 2006126683/12, 22.12.2003; Опубл. 27.18.2008, Бюл № 24   | Діє                  |

Висновки. На основі аналізу сукупності ознак новизни знайдених прототипів встановлено:

1) розроблений пристрій та його складові частини відповідають умовам патентоспроможності винаходу;

2) аналіз патентів дозволяє зробити висновок, що у галузі формуючих частин КРМ основні розробки спрямовані на створення нових конструкцій як пристроїв в цілому, так і конструкцій окремих вузлів;

3) розроблення формуючих частини КРМ відбувається у напрямках підвищення інтенсивності і покращення ефективності роботи КРМ в цілому. Найчастіше пропонується конструкції, що дозволяють підвищити продуктивність процесу, покращити якість одержаного продукту, понизити енергетичні затрати та матеріал для проведення процесу;

4) основні елементи формуючої частини є досить відомими і забезпечують необхідну інтенсивність та ефективність проведення процесу;

5) встановлено, що конструкцію проектованої формуючої частини можна вдосконалити, встановивши додаткову верхню плоскіткову секцію. Це дозволить збільшити масу квадратного метру та продуктивність КРМ в цілому.

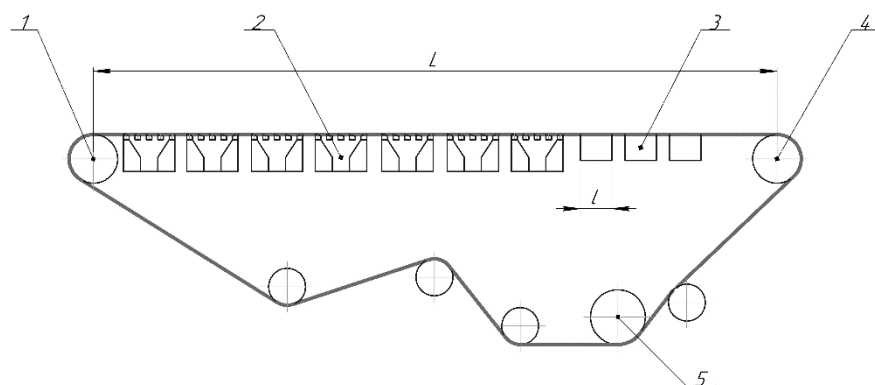
Копії використаних патентів розміщено в додатку В пояснювальної записки.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 43   |

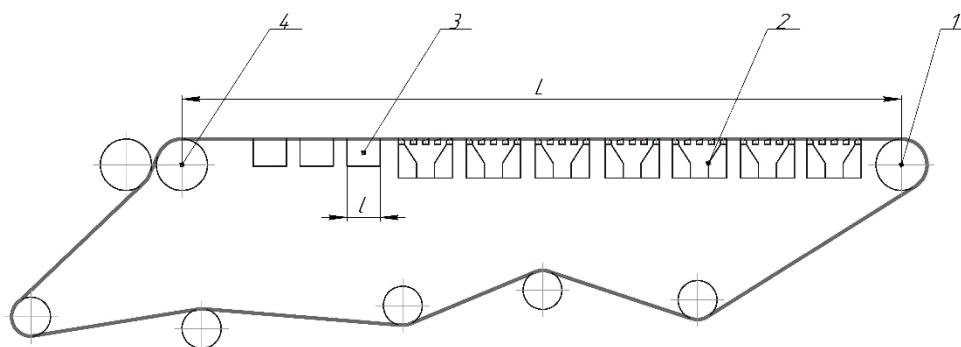
## 4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

### 4.1 Розрахунок довжини сіткового столу

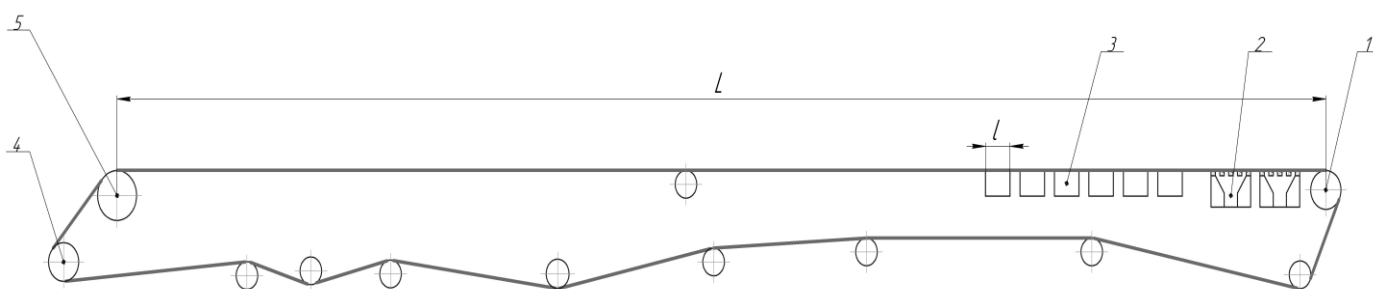
Розрахункова схема зображена на рисунку 4.1.



(а)



(б)



(в)

а – сітковий стіл покрівельного шару; б – сітковий стіл середнього шару; в – сітковий стіл основного шару .

1 – грудний вал; 2 – блок гідропланок; 3 – відсмоктуючий ящик;

4 – поворотний вал; 5 – гауч-вал.

Рисунок 4.1 – Сітковий стіл КРМ

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 44   |

Мета розрахунку: визначити довжину сіткового столу основного, покрівельного та середнього шару, необхідну для забезпечення необхідної сухості картону.

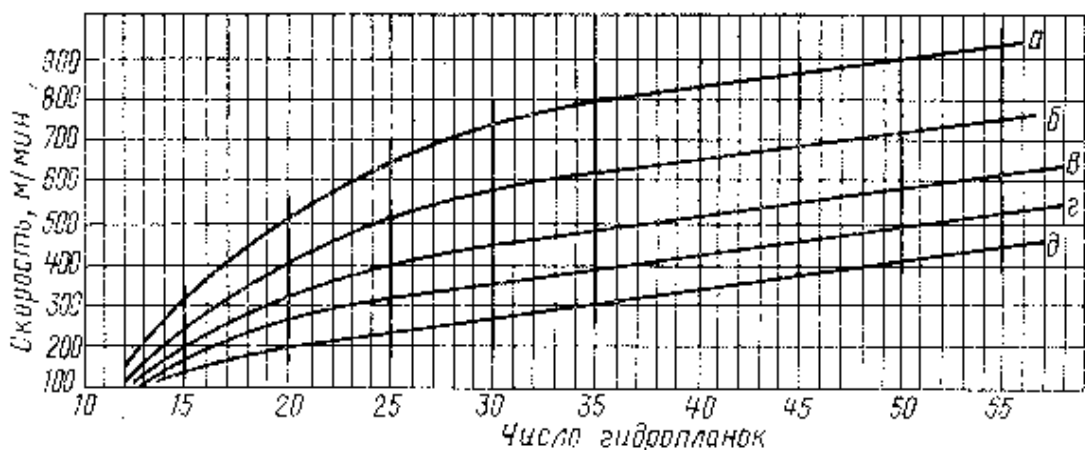
Вихідні дані:

|  |             |
|--|-------------|
| маса квадратного метра $g$ , $\text{кг/м}^2$ ( $\text{г/м}^2$ )  | 0,175 (175) |
| швидкість машини $V$ , $\text{м/с}$ ( $\text{м/хв}$ )  | 10 (600)    |
| ширина відсмоктуючих ящиків $l$ , $\text{м}$ [1]   | 0,462       |
| кількість відсмоктуючих ящиків основного шару $n_4$  | 9           |
| кількість відсмоктуючих ящиків покрівельного шару, яка дорівнює кількості відсмоктуючих ящиків середнього шару $n_3$ | 3           |

Розрахунок здійснюється за поелементною методикою, викладеною в [1].

Кількість гідропланок визначається в залежності від типу виготовлюваної продукції та швидкості машини згідно з діаграмою (рисунок 4.2) [1].

Згідно графіка при швидкості 600 м/хв для картону необхідно встановити для основного шару 15 гідропланок; для покрівельного шару 55; для середнього шару 55.



а – папір газетний; б – папір типографський № 3; в – папір мішечний;  
г – картон; д – папір тонкий високосортний.

Рисунок 4.2 – Графіки залежності кількості гідропланок від швидкості машини

Крок гідропланок визначається в залежності від швидкості машини згідно з діаграмою (рисунок 4.3) [1].

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 45   |

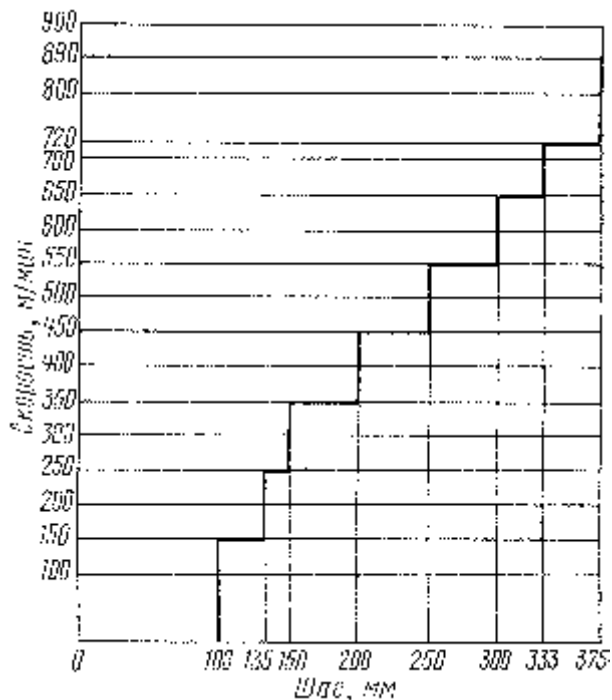


Рисунок 4.3 – Графік залежності найбільшого кроку гідропланок від швидкості машини

Згідно діаграми при швидкості КРМ 600 м/хв максимальний крок гідропланок (на початку столу) повинен складати  $t = 0,3$  м.

Довжина сіткового столу покрівельного шару, яку займають гідропланки в одному блоці:

$$L_0 = (n_1 - 1) \cdot t = (5 - 1) \cdot 0,3 = 1,2 \text{ м},$$

де  $n_1$  – кількість гідропланок в одному пакеті.

Довжина сіткового, яку займають гідропланки в одному блоці на формуючій частині з основним шаром дорівнює довжині сіткового столу, яку займають гідропланки в одному блоці покрівельного та середнього шарів.

Довжина столу, яку займають 7 пакетів гідропланок для покрівельного шару дорівнює довжині столу, яку займають гідропланки для середнього шару:

$$L_1 = L_0 \cdot n_2 = 1,2 \cdot 7 = 8,4 \text{ м},$$

де  $n_2$  – кількість гідропланок в пакетів з гідропланками.

Довжина столу, яку займають 2 пакетів гідропланок для основного шару:

$$L'_1 = L_0 \cdot n_2 = 1,2 \cdot 4 = 4,8 \text{ м},$$



Довжина столу, яку займають відсмоктуючі ящики для покрівельного шару дорівнює довжині столу, яку займають відсмоктуючі ящики для середнього шару:

$$L_2 = (t+1) \cdot n_3 = (0,3+1) \cdot 3 = 3,9 \text{ м},$$

де  $n_3$  – кількість відсмоктуючих ящиків покрівельного шару, яка дорівнює кількості відсмоктуючих ящиків середнього шару.

Довжина столу, яку займають відсмоктуючі ящики для основного шару:

$$L'_2 = (t+1) \cdot n_4 = (0,3+1) \cdot 9 = 11,7 \text{ м},$$

де  $n_4$  – кількість відсмоктуючих ящиків основного шару.

Розрахункова довжина сіткового столу для покрівельного шару (аналогічна розрахунковій довжині середнього шару):

$$L' = L_0 + L_1 + L_2 = 1,2 + 8,4 + 3,9 = 13,5 \text{ м}.$$

Розрахункова довжина сіткового столу для основного шару:

$$L'' = L_0 + L'_1 + L'_2 = 1,2 + 4,8 + 11,7 = 17,7 \text{ м}.$$

Розрахункова довжина столу відповідає рекомендаціям наведеним в [1].

Висновок: в результаті даного розрахунку встановлено, що необхідна довжина сіткового столу для покрівельного та відповідно для середнього шару складає 13,5 м, а для основного шару – 17,7 м.

## **4.2 Розрахунок довжини сітки**

### **4.2.1 Розрахунок довжини сітки покрівельного шару**

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.4.

Мета розрахунку: визначити розрахункову та максимальну робочу довжину неперервної синтетичної сітки пропонованої сіткової частини для покрівельного шару.

Розрахунок здійснюється за методикою, викладеною в [1].

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 47   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

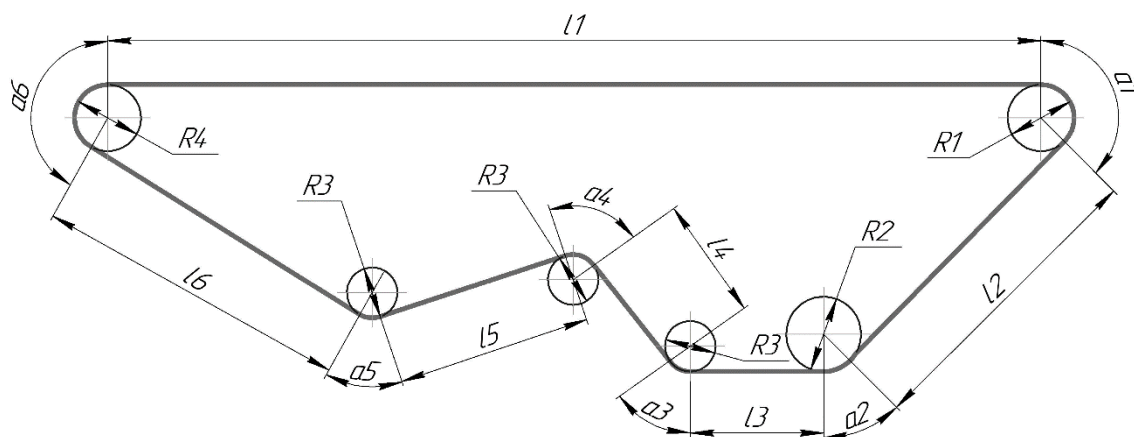


Рисунок 4.4 – Схема розташування сітки покрівельного шару

Вихідні дані:

відстані між центрами валів:

|           |      |
|-----------|------|
| $l_1$ , м | 13,5 |
| $l_2$ , м | 3,5  |
| $l_3$ , м | 1,8  |
| $l_4$ , м | 2,6  |
| $l_5$ , м | 2,1  |
| $l_6$ , м | 3,7  |

радіуси валів:

|  |       |
|--|-------|
| поворотний вал $R_1$ , м                                   | 0,335 |
| гауч-вала $R_2$ , м  | 0,400 |
| зворотній вал, сітконатяжний вал, правильний вал $R_3$ , м | 0,270 |
| грудний вал $R_4$ , м                                      | 0,335 |

кути обхвату валів сіткою:

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| поворотний вал $\alpha_1$ , град    | 133° |
| гауч-вал $\alpha_2$ , град          | 44°  |
| зворотній вал $\alpha_3$ , град     | 54°  |
| сітконатяжний вал $\alpha_5$ , град | 74°  |
| правильний вал $\alpha_4$ , град    | 52°  |
| грудний вал $\alpha_6$ , град       | 150° |

перепад температур при роботі сітки  $\Delta t$ , °C

30

допуск на виготовлення сітки  $\delta$ , м

0,07

Довжина ділянки  $a_1$  обхвату сіткою поворотного валу:

$$a_1 = 2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot \frac{\alpha_1}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,355 \cdot \frac{133}{360} = 0,824 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_2$  обхвату сіткою гауч-валу:

$$a_2 = 2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot \frac{\alpha_2}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,400 \cdot \frac{44}{360} = 0,307 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_3$  обхвату сіткою зворотного валу:

$$a_3 = 2 \cdot \pi \cdot R_3 \cdot \frac{\alpha_3}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,270 \cdot \frac{54}{360} = 0,254 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_4$  обхвату сіткою сітконатяжного валу:

$$a_4 = 2 \cdot \pi \cdot R_3 \cdot \frac{\alpha_4}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,270 \cdot \frac{74}{360} = 0,349 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_5$  обхвату сіткою правильного валу:

$$a_5 = 2 \cdot \pi \cdot R_3 \cdot \frac{\alpha_5}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,270 \cdot \frac{52}{360} = 0,245 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_6$  обхвату сіткою грудного валу:

$$a_6 = 2 \cdot \pi \cdot R_4 \cdot \frac{\alpha_6}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,355 \cdot \frac{150}{360} = 0,929 \text{ м.}$$

Сумарна розрахункова довжина сітки:

$$L_c = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 + a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 = 13,5 + 3,5 + 1,8 + 2,6 + 2,1 + 3,7 + 0,824 + 0,307 + 0,254 + 0,348 + 0,245 + 0,929 = 30,1 \text{ м.}$$

Подовження сітки при натягуванні:

$$\Delta l_n = L_c \cdot k_p = 30,1 \cdot 0,0019 = 0,057 \text{ м,}$$

де  $k_p$  – коефіцієнт видовження сітки при натягуванні [1].

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 49   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

Температурне подовження сітки при нагріванні:

$$\Delta l_t = k_t \cdot \Delta t \cdot L_c = 17,5 \cdot 10^{-6} \cdot 30 \cdot 30,1 = 0,016 \text{ м},$$

де  $k_t$  – коефіцієнт температурного подовження сітки [1].

Подовження сітки при роботі:

$$\Delta l_p = k_R \cdot L_c = 0,001 \cdot 30,1 = 0,03 \text{ м},$$

де  $k_R$  – коефіцієнт видовження сітки під час експлуатації [1].

Максимальна робоча довжина сітки:

$$L_{\max}^{\text{роб}} = L_c + \Delta l_n + \Delta l_t + \Delta l_p + \delta = 30,1 + 0,057 + 0,016 + 0,03 + 0,07 = 30,273 \text{ м}.$$

Висновок: в результаті даного розрахунку встановлено, що розрахункова довжина сітки покрівельного шару складає 30,1 м, а максимальна робоча довжина – 30,27 м.

#### 4.2.2 Розрахунок довжини сітки середнього шару

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.5.

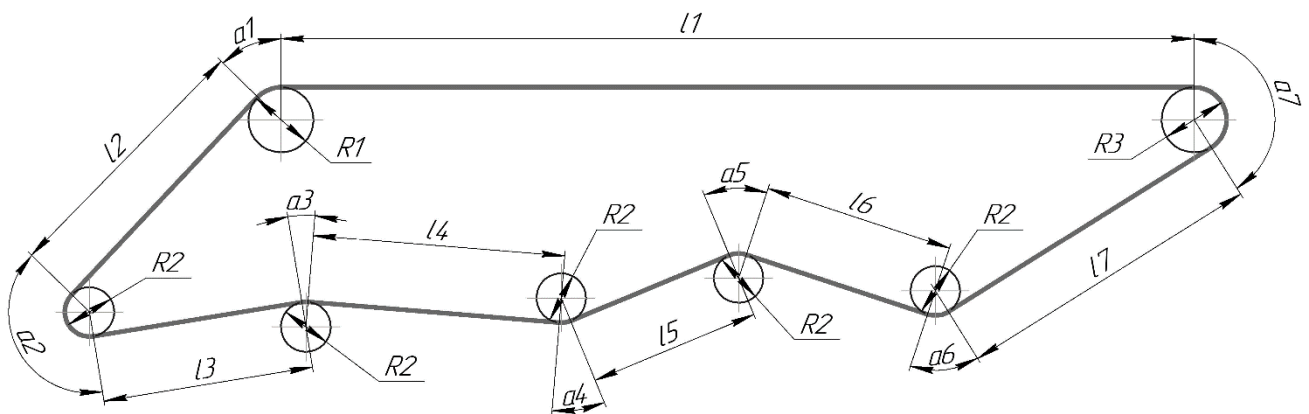


Рисунок 4.5 – Схема розташування сітки середнього шару

Мета розрахунку: визначити розрахункову та максимальну робочу довжину неперервної синтетичної сітки пропонованої сіткової частини для середнього шару.

Розрахунок здійснюється за методикою, викладеною в [1].

Вихідні дані:

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 50   |

відстані між центрами валів:

|           |      |
|-----------|------|
| $l_1$ , м | 13,5 |
| $l_2$ , м | 3,8  |
| $l_3$ , м | 2,9  |
| $l_4$ , м | 3,5  |
| $l_5$ , м | 2,7  |
| $l_6$ , м | 2,1  |
| $l_7$ , м | 3,7  |

радіуси валів:

|   |       |
|---|-------|
| поворотний вал $R_1$ , м  | 0,335 |
| зворотній вал, сітководучий вал, сітконатяжний вал,<br>правильний вал $R_2$ , м | 0,270 |
| грудний вал $R_3$ , м   | 0,335 |

кути обхвату валів сіткою:

|   |      |
|---|------|
| поворотний вал $\alpha_1$ , град                    | 45°  |
| сітководучий вал $\alpha_2$ , град                  | 125° |
| сітководучий вал $\alpha_3$ , град                  | 14°  |
| сітководучий вал $\alpha_4$ , град                  | 27°  |
| сітконатяжний вал $\alpha_5$ , град                 | 40°  |
| правильний вал $\alpha_6$ , град                    | 50°  |
| грудний вал $\alpha_7$ , град                       | 148° |
| перепад температур при роботі сітки $\Delta t$ , °C | 30   |
| допуск на виготовлення сітки $\delta$ , м           | 0,07 |

Довжина ділянки  $a_1$  обхвату сіткою поворотного валу:

$$a_1 = 2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot \frac{\alpha_1}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,355 \cdot \frac{45}{360} = 0,272 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_2$  обхвату сіткою сітководучого вала:

$$a_2 = 2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot \frac{\alpha_2}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,270 \cdot \frac{125}{360} = 0,588 \text{ м.}$$

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 51   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

Довжина ділянки  $a_3$  обхвату сіткою сітководучого вала:

$$a_3 = 2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot \frac{\alpha_3}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,270 \cdot \frac{14}{360} = 0,066 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_4$  обхвату сіткою сітководучого вала:

$$a_4 = 2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot \frac{\alpha_4}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,270 \cdot \frac{27}{360} = 0,127 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_5$  обхвату сіткою сітконатяжного валу:

$$a_5 = 2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot \frac{\alpha_5}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,270 \cdot \frac{40}{360} = 0,188 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_6$  обхвату сіткою правильного валу:

$$a_6 = 2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot \frac{\alpha_6}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,270 \cdot \frac{50}{360} = 0,235 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_7$  обхвату сіткою грудного валу:

$$a_7 = 2 \cdot \pi \cdot R_3 \cdot \frac{\alpha_7}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,355 \cdot \frac{148}{360} = 0,92 \text{ м.}$$

Сумарна розрахункова довжина сітки:

$$L_c = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 + l_7 + a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + a_7 = 13,5 + 3,8 + 2,9 + 3,5 + 2,7 + 2,1 + 3,7 + 0,272 + 0,588 + 0,066 + 0,127 + 0,188 + 0,235 + 0,92 = 34,6 \text{ м.}$$

Подовження сітки при натягуванні:

$$\Delta l_n = L_c \cdot k_p = 34,6 \cdot 0,0019 = 0,066 \text{ м,}$$

де  $k_p$  – коефіцієнт видовження сітки при натягуванні [1].

Температурне подовження сітки при нагріванні:

$$\Delta l_t = k_t \cdot \Delta t \cdot L_c = 17,5 \cdot 10^{-6} \cdot 30 \cdot 34,6 = 0,018 \text{ м,}$$

де  $k_t$  – коефіцієнт температурного подовження сітки [1].

Подовження сітки при роботі:

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 52   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

$$\Delta l_p = k_R \cdot L_c = 0,001 \cdot 34,6 = 0,035 \text{ м},$$

де  $k_R$  – коефіцієнт видовження сітки під час експлуатації [1].

Максимальна робоча довжина сітки:

$$L_{\max}^{\text{роб}} = L_c + \Delta l_n + \Delta l_t + \Delta l_p + \delta = 34,6 + 0,066 + 0,018 + 0,035 + 0,07 = 34,79 \text{ м}.$$

Висновок: в результаті даного розрахунку встановлено, що розрахункова довжина сітки середнього шару складає 34,6 м, а максимальна робоча довжина – 34,79 м.

#### 4.2.3 Розрахунок довжини сітки основного шару

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.6.

Мета розрахунку: визначити розрахункову та максимальну робочу довжину неперервної синтетичної сітки пропонованої сіткової частини для основного шару.

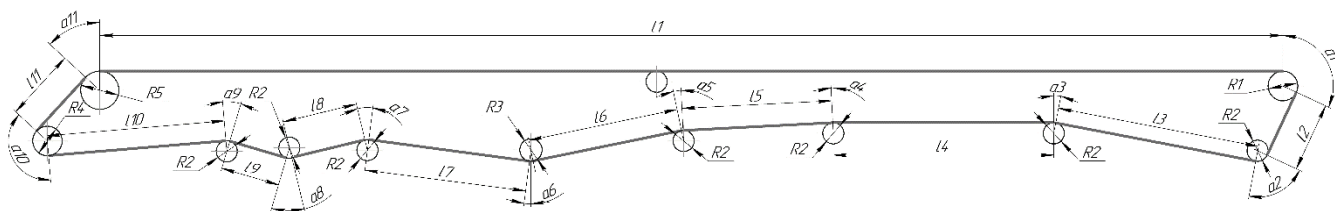


Рисунок 4.6 – Схема розташування сітки основного шару

Розрахунок здійснюється за методикою, викладеною в [1].

Вихідні дані:

відстані між центрами валів:

|           |      |
|-----------|------|
| $l_1$ , м | 17,7 |
| $l_2$ , м | 2,6  |
| $l_3$ , м | 7,9  |
| $l_4$ , м | 8,4  |
| $l_5$ , м | 5,7  |
| $l_6$ , м | 5,8  |
| $l_7$ , м | 6,2  |
| $l_8$ , м | 3    |

|              |     |
|--------------|-----|
| $l_9$ , м    | 2,2 |
| $l_{10}$ , м | 6,8 |
| $l_{11}$ , м | 2,8 |

радіуси валів:

|   |       |
|---|-------|
| грудной вал $R_1$ , м   | 0,355 |
| зворотній вал, сітководучий вал, сітконатяжний вал, $R_2$ , м | 0,255 |
| правильний вал $R_3$ , м                                      | 0,270 |
| поворотний вал $R_4$ , м                                      | 0,355 |
| гауч-вал $R_5$ , м  | 0,460 |

кути обхвату валів сіткою:

|   |      |
|---|------|
| грудний вал $\alpha_1$ , град                       | 114° |
| сітководучий вал $\alpha_2$ , град                  | 75°  |
| сітководучий вал $\alpha_3$ , град                  | 10°  |
| сітководучий вал $\alpha_4$ , град                  | 2°   |
| сітководучий вал $\alpha_5$ , град                  | 8°   |
| правильний вал $\alpha_6$ , град                    | 10°  |
| сітководучий вал $\alpha_7$ , град                  | 20°  |
| сітководучий вал $\alpha_8$ , град                  | 29°  |
| сітководучий вал $\alpha_9$ , град                  | 21°  |
| поворотний вал $\alpha_{10}$ , град                 | 137° |
| гауч-вал вал $\alpha_{11}$ , град                   | 47°  |
| перепад температур при роботі сітки $\Delta t$ , °C | 30   |
| допуск на виготовлення сітки $\delta$ , м           | 0,07 |

Довжина ділянки  $a_1$  обхвату сіткою грудного валу:

$$a_1 = 2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot \frac{\alpha_1}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,357 \cdot \frac{114}{360} = 0,7 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_2$  обхвату сіткою сітководучого валу:

$$a_2 = 2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot \frac{\alpha_2}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,255 \cdot \frac{75}{360} = 0,333 \text{ м.}$$

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 54   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |



Довжина ділянки  $a_3$  обхвату сіткою сітководучого валу:

$$a_3 = 2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot \frac{\alpha_3}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,255 \cdot \frac{10}{360} = 0,044 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_4$  обхвату сіткою сітководучого валу:

$$a_4 = 2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot \frac{\alpha_4}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,255 \cdot \frac{2}{360} = 0,008 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_5$  обхвату сіткою сітководучого валу:

$$a_5 = 2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot \frac{\alpha_5}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,255 \cdot \frac{8}{360} = 0,035 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_6$  обхвату сіткою правильного валу:

$$a_6 = 2 \cdot \pi \cdot R_3 \cdot \frac{\alpha_6}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,270 \cdot \frac{10}{360} = 0,047 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_7$  обхвату сіткою сітководучого валу:

$$a_7 = 2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot \frac{\alpha_7}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,255 \cdot \frac{20}{360} = 0,089 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_8$  обхвату сіткою сітководучого валу:

$$a_8 = 2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot \frac{\alpha_8}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,255 \cdot \frac{29}{360} = 0,129 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_9$  обхвату сіткою сітководучого валу:

$$a_9 = 2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot \frac{\alpha_9}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,255 \cdot \frac{21}{360} = 0,093 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_{10}$  обхвату сіткою поворотного валу:

$$a_{10} = 2 \cdot \pi \cdot R_4 \cdot \frac{\alpha_{10}}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,355 \cdot \frac{137}{360} = 0,85 \text{ м.}$$

Довжина ділянки  $a_{11}$  обхвату сіткою гауч-валу:

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 55   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

$$a_{11} = 2 \cdot \pi \cdot R_5 \cdot \frac{\alpha_{11}}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,460 \cdot \frac{47}{360} = 0,377 \text{ м.}$$

Сумарна розрахункова довжина сітки:

$$L_c = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 + l_7 + l_8 + l_9 + l_{10} + l_{11} + a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + a_7 + a_8 + a_9 + a_{10} + a_{11} = 17,7 + 2,6 + 7,9 + 8,4 + 5,7 + 5,8 + 6,2 + 3 + 2,2 + 6,8 + 2,8 + 0,7 + 0,333 + 0,044 + 0,008 + 0,035 + 0,047 + 0,089 + 0,129 + 0,093 + 0,85 + 0,377 = 71,8 \text{ м.}$$

Подовження сітки при натягуванні:

$$\Delta L_n = L_c \cdot k_p = 71,8 \cdot 0,0019 = 0,136 \text{ м,}$$

де  $k_p$  – коефіцієнт видовження сітки при натягуванні [1].

Температурне подовження сітки при нагріванні:

$$\Delta L_t = k_t \cdot \Delta t \cdot L_c = 17,5 \cdot 10^{-6} \cdot 30 \cdot 71,8 = 0,037 \text{ м,}$$

де  $k_t$  – коефіцієнт температурного подовження сітки [1].

Подовження сітки при роботі:

$$\Delta L_p = k_R \cdot L_c = 0,001 \cdot 71,8 = 0,0718 \text{ м,}$$

де  $k_R$  – коефіцієнт видовження сітки під час експлуатації [1].

Максимальна робоча довжина сітки:

$$L_{\max}^{\text{роб}} = L_c + \Delta L_n + \Delta L_t + \Delta L_p + \delta = 71,8 + 0,136 + 0,037 + 0,0718 + 0,07 = 72,11 \text{ м.}$$

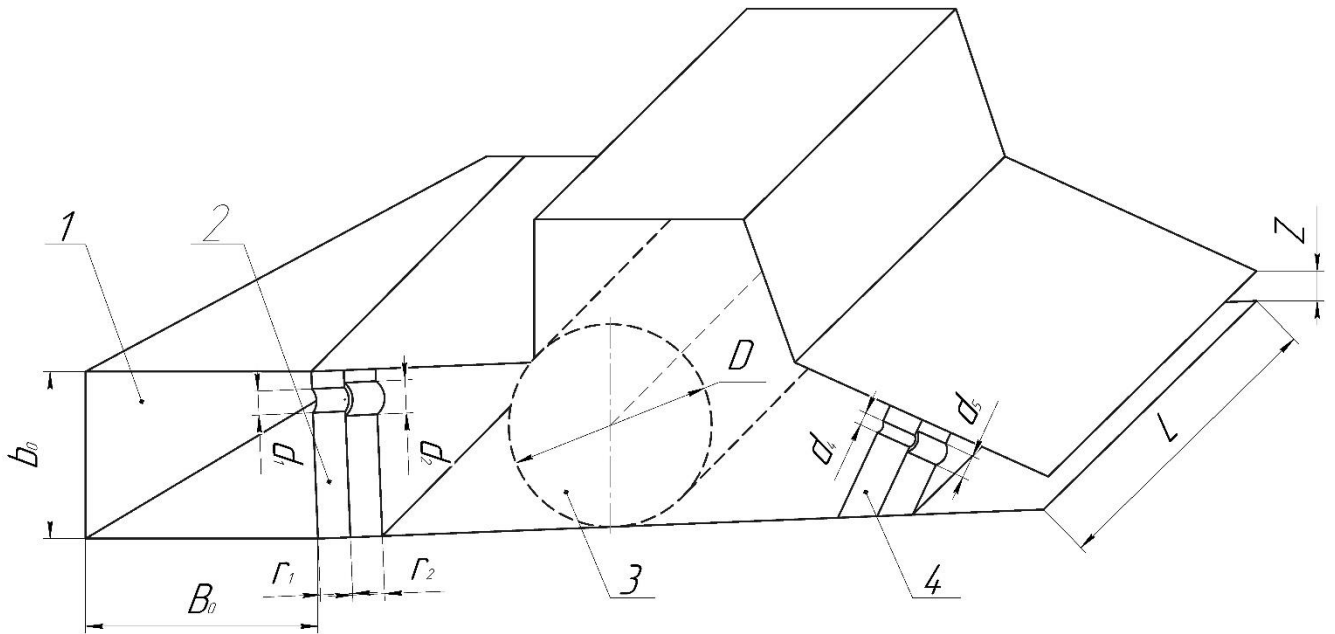
Висновок: в результаті даного розрахунку встановлено, що розрахункова довжина сітки складає 71,8 м, а максимальна робоча довжина – 72,11 м.

### 4.3 Розрахунок масонапускного пристрою

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.7.

Мета розрахунку: розрахувати напірний ящик турбулентного типу з колектором потокорозподільовача прямокутного перерізу та перфорованою плитою.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 56   |



1 – колекторна камера; 2 – перфорована плита; 3 – валик;  
4 – турбулізуючий елемент.

Рисунок 4.7 – Масонапускний пристрій

Вихідні дані:

|   |      |
|---|------|
| продуктивність машини $Q$ , кг/с              | 4,5  |
| робоча швидкість машини $V_M$ , м/с           | 10   |
| швидкість маси в колекторі $V_1$ , м/с        | 1,5  |
| концентрація маси в напірному ящику $C_H$ , % | 0,6  |
| концентрація маси у реєстровій воді $C_p$ , % | 0,2  |
| сухість картону на накаті $C_K$ , %           | 95   |
| висота камери колектора $b_0$ , м             | 0,3  |
| ширина камери колектора на вході $B_0$ , м    | 0,85 |
| величина отвору випускної щілини $z$ , м      | 0,04 |
| ширина напуску маси $L$ , м                   | 4,65 |

Розрахунок здійснюється за поелементною методикою, викладеною в [1].

#### 4.3.1 Параметричний розрахунок.

Об'ємна витрата маси, що надходить на сітку:

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 57   |

$$Q_M = \frac{QC_K}{\rho_M (C_H - C_p)} = \frac{4,5 \cdot 95}{1000 \cdot (0,6 - 0,2)} = 1,069 \text{ м}^3/\text{с}$$

Примітка: при концентрації волокна менше 1 %

$$\rho_M \approx \rho_{\text{води}}$$

Об'ємна витрата маси, яка надходить до колектора поточкорозподільвача, з урахуванням циркуляції (10 %):

$$Q_K = \frac{Q_M}{0,9} = \frac{1,069}{0,9} = 1,188 \text{ м}^3/\text{с}$$

Колекторна камера звужується від вхідного кінця до вихідного і має переріз прямокутного профілю.

Площа вихідного перерізу:

$$F_0 = b_0 \cdot B_0 = 0,3 \cdot 0,85 = 0,255 \text{ м}^2$$

Швидкість маси у колекторній камері:

$$V_1 = \frac{Q_K}{F_0} = \frac{1,188}{0,255} = 4,7 \text{ м/с}$$

що відповідає заданим рекомендованим значенням швидкості.

Визначають відношення  $L/\sqrt{F_0}$ :

$$\frac{L}{\sqrt{F_0}} = \frac{4,65}{\sqrt{0,255}} \approx 10$$

Визначаємо ширину колектора:

$$B_1 = 0,36 \cdot B_0 = 0,36 \cdot 0,85 = 0,306$$

$$B_2 = 0,17 \cdot B_0 = 0,17 \cdot 0,85 = 0,145$$

#### 4.3.2 Визначення коефіцієнтів гідравлічного опору перфорованої плити колектора.

Для розрахунку конструктивно приймаємо розміри перфорованої плити. Товщина  $S = 0,135$  м, діаметри отворів I ступеня  $d_1 = 0,012$  м та II ступеня  $d_2 = 0,018$  м, довжина отворів I ступеня  $r_1 = 0,065$  м, довжина отворів II ступеня  $r_2 = 0,07$  м, кількість отворів  $n = 465$ .

Швидкість маси у отворах діаметром  $d_1$ :

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 58   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

$$V_2 = \frac{4 \cdot Q_K}{\pi \cdot d_1^2 \cdot n} = \frac{4 \cdot 1,069}{3,14 \cdot 0,012^2 \cdot 465} = 20,322 \text{ м/с}$$

Визначаємо втрати напору для проходження маси крізь отвори в плиті. Коефіцієнт місцевого опору при вході маси із колектора у отвори:

$$\zeta_1 = 0,5 \cdot \left(1 - \frac{W_1}{W_0}\right)^2 = 0,5 \cdot \left(1 - \frac{0,0526}{1,395}\right)^2 = 0,463$$

де  $W_1$  – сумарна площа отворів діаметром  $d_1$ ,  $\text{м}^2$ ;

$W_0$  – площа перерізу колектора,  $\text{м}^2$ .

$$W_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2 \cdot n}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,012^2 \cdot 465}{4} = 0,0525$$

$$W_0 = L \cdot b_0 = 4,65 \cdot 0,3 = 1,39$$

Коефіцієнт місцевого опору при переході маси із отворів діаметром  $d_1$  у отвори діаметром  $d_2$  :

$$\zeta_2 = \left(1 - \frac{W_1}{W_2}\right)^2 = \left(1 - \frac{0,0526}{0,118}\right)^2 = 0,309$$

де  $W_2$  сумарна площа отворів діаметром  $d_2$ ,  $\text{м}^2$ ;

$$W_1 = \frac{\pi \cdot d_2^2 \cdot n}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,018^2 \cdot 465}{4} = 0,118$$

Коефіцієнт місцевого опору  $\zeta_3$  при вході маси із отворів діаметром  $d_2$  у порожнину ящика:

$$\zeta_3 = \frac{d_1^4}{d_2^4} \left(1 - \frac{W_1}{W_3}\right)^2 = \frac{0,012^4}{0,018^4} \left(1 - \frac{0,118}{0,94}\right)^2 = 0,151$$

Коефіцієнт гідравлічного опору турбулізуючого елемента аналогічно. Приймаємо, що турбулізуючий елемент має ступінчасті отвори з діаметром на I ступені  $d_4 = 0,011 \text{ м}$ , та II ступені  $d_5 = 0,017 \text{ м}$ , число отворів  $n_1 = 498$ .

Коефіцієнт місцевого опору при вході маси на плити:

$$\zeta_4 = 0,5 \cdot \left(1 - \frac{W_6}{W_5}\right)^2 = 0,5 \cdot \left(1 - \frac{0,0473}{0,465}\right)^2 = 0,403$$

де  $W_6$  – сумарна площа отворів діаметром  $d_4$ ;

$W_5$  – площа каналу висотою  $l = 0,1 \text{ м}$  (перед елементом).

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 59   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

$$W_6 = \frac{\pi \cdot d_4^2 \cdot n_1}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,011^2 \cdot 498}{4} = 0,047 \text{ м}^2$$

$$W_5 = L \cdot l = 4,65 \cdot 0,1 = 0,465 \text{ м}^2$$

Швидкість  $V_4$ , для якої знайшли  $\zeta_4$ , можна визначити як

$$V_4 = V_2 \cdot \frac{K}{W_6} = 20,32 \cdot \frac{0,0526}{0,0473} = 22,582$$

де

$$K = \frac{d_1^2}{d_2^2} \cdot W_2 = \frac{0,012^2}{0,018^2} \cdot 0,118 = 0,053$$

Коефіцієнт опору при переході маси із отворів діаметром  $d_4$  у отвори діаметром  $d_5$ :

$$\zeta_5 = \left(1 - \frac{W_6}{W_7}\right)^2 = \left(1 - \frac{0,0473}{0,113}\right)^2 = 0,338$$

де  $W_7$  – сумарна площа отворів діаметром  $d_5$ ;

$$W_7 = \frac{\pi \cdot d_5^2 \cdot n_1}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,017^2 \cdot 498}{4} = 0,113 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт опору при переході маси із перфорованої плити у порожнину ящика з пластинами:

$$\zeta_6 = \frac{d_4^4}{d_5^4} \left(1 - \frac{W_7}{W_8}\right)^2 = \frac{0,011^4}{0,017^4} \left(1 - \frac{0,113}{0,311}\right)^2 = 0,071$$

де  $W_8$  – площа перерізу каналів.

$$W_8 = a_k \cdot b_k \cdot n_1 = 0,025 \cdot 0,025 \cdot 498 = 0,311 \text{ м}^2$$

#### 4.3.3 Визначення сумарного опору

Загальні втрати напору від гідравлічного опору, Па:

$$h_n = \frac{V_2^2 \cdot \rho_M}{2} \left[ \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \frac{K}{W_5} \cdot (\zeta_4 + \zeta_5 + \zeta_6) \right] =$$

$$= \frac{20,32^2 \cdot 1000}{2} \left[ 0,463 + 0,308 + 0,150 + \frac{0,0525}{0,465} \cdot (0,403 + 0,337 + 0,071) \right] = 2,095 \cdot 10^5$$

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 60   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

Втрати напору на гідравлічний опір напірного ящика:

$$h_T = K_0 \cdot h_n + h_H = 1,1 \cdot 209483,12 + 0,95 \cdot 10^4 = 2,399 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

де  $K_0$  – коефіцієнт, що враховує гідравлічний опір крім перфорованих плит ( $K_0 = 1,1$ ).

$h_H$  – напір для піднімання маси із колектора до масонапускного каналу (приймають в залежності від напірного ящика,  $h_H = 0,95 \cdot 10^4$  Па).

Швидкісний напір:

$$h_K = \frac{V_M^2 \cdot \rho_M}{2} = \frac{10^2 \cdot 1000}{2} = 5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

Сумарний напір, необхідний для роботи ящика:

$$H = h_T + h_K = 239931,55 + 50000 = 2,899 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Висновок: в результаті даного розрахунку встановлено, що необхідний напір для роботи напірного ящика становить  $2,899 \cdot 10^5$  Па.

#### 4.4 Розрахунок грудного вала

##### 4.4.1 Розрахунок вала на жорсткість

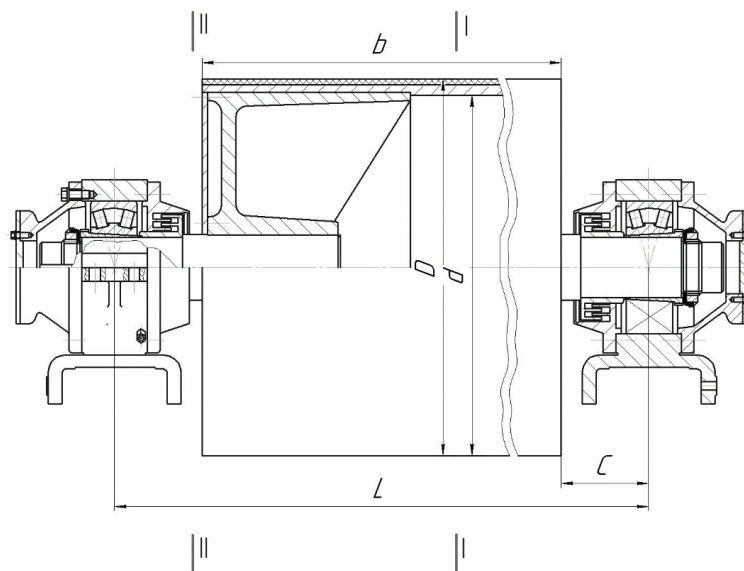


Рисунок 4.8 – Розрахункова схема

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 61   |

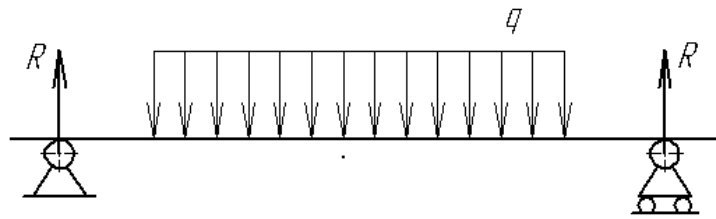


Рисунок 4.9 – Схема навантажень на грудний вал

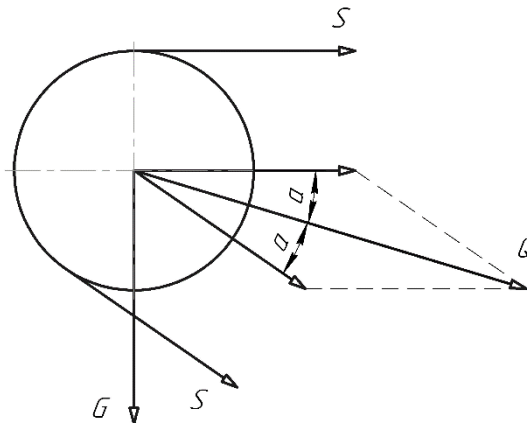


Рисунок 4.10 – Схема навантажень від дії натягу сітки,  
що діють на грудний вал

Мета розрахунку: перевірка жорсткості корпусу грудного валу та перевірка валу на критичне число обертів.

Вихідні дані:

|  |                   |
|--|-------------------|
| ширина сітки l1, м                             | 5,2               |
| сила тяжіння грудного валу G, Н                | 28000             |
| сила тяжіння оболонки валу з облицюванням m, Н | 19000             |
| зовнішній діаметр оболонки D, м                | 0,538             |
| внутрішній діаметр оболонки d, м               | 0,490             |
| відстань між опорами валу L, м                 | 5,5               |
| довжина оболонки валу l, м                     | 5,2               |
| допустимий відносний прогин $[\epsilon]$ [3]   | $5 \cdot 10^{-5}$ |
| питомий натяг сітки q, Н/м [3]                 | $7 \cdot 10^3$    |
| матеріал оболонки валу                         | сталь 40          |
| модуль пружності для матеріалу оболонки E, Па  | $2 \cdot 10^{11}$ |



кут нахилу рівнодійної від натягу сітки  $\alpha$ , град 64

швидкість  $V$ , м/хв 600

Розрахунок здійснюється за методикою, викладеною в [3].

Навантаження від натягу сітки, що діє на вал:

$$S = q \cdot l_1 = 7 \cdot 10^3 \cdot 5,2 = 33950 \text{ Н.}$$

Рівнодіюча від натягу гілок сітки (рис. 4.11):

$$Q = 2 \cdot S \cdot \cos \alpha = 2 \cdot 33950 \cdot \cos 64^\circ = 29765 \text{ Н.}$$

Вертикальна складова сумарного навантаження на вал:

$$R_{\text{верт}} = G + Q \cdot \sin \alpha = 28000 + 29765 \cdot \sin 64^\circ = 55385 \text{ Н.}$$

Горизонтальна складова сумарного навантаження на вал:

$$R_{\text{гор}} = Q \cdot \cos \alpha = 29765,4 \cdot \cos 64^\circ = 13048 \text{ Н.}$$

Сумарне навантаження на вал (рис. 4.10):

$$R = \sqrt{R_{\text{гор}}^2 + R_{\text{верт}}^2} = 55385 + 13048 = 68433 \text{ Н.}$$

Момент інерції оболонки валу:

$$I = 0,05 \cdot (D^4 - d^4) = 0,05 \cdot (0,538^4 - 0,490^4) = 2,072 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4.$$

Максимальний прогин корпусу валу: [3]

$$f = \frac{R \cdot B^2 \cdot (12 \cdot L - 7 \cdot B)}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{68433,2 \cdot 5,2^2 (12 \cdot 5,5 - 7 \cdot 5,2)}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 2,072 \cdot 10^{-3}} = 3,22 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Відносний прогин:

$$\varepsilon = \frac{f}{L} = \frac{3,22 \cdot 10^{-4}}{5,5} = 5,85 \cdot 10^{-5}.$$

Умова жорсткості

$$\varepsilon \leq [\varepsilon]$$

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 63   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

В даному випадку маємо:

$$5,85 \cdot 10^{-5} < 6 \cdot 10^{-5}.$$

Прогин валу під дією власної сили тяжіння:

$$f_{cm} = \frac{5 \cdot G \cdot L^3}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 28000 \cdot 5,5^3}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 2,072 \cdot 10^{-3}} = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Робоча частота обертання валу:

$$n = \frac{V}{\pi \cdot D} = \frac{450}{3,14 \cdot 0,538} = 4,44 \text{ об/с.}$$

Критичне число обертів вала: [3]

$$n_{кр} = \frac{30}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{30}{\sqrt{1,4 \cdot 10^{-4}}} = 214285,7 \text{ об/с.}$$

Умова відсутності резонансу:

$$\frac{n}{n_{кр}} = \frac{4,44}{214285,7} = 2,07 \cdot 10^{-5}$$

В даному випадку маємо:

$$2,07 \cdot 10^{-5} < 0,6.$$

Висновок: в результаті даного розрахунку встановлено, що жорсткість оболонки грудного валу забезпечена, а умова відсутності резонансу по обертам валу виконується.

#### 4.4.2 Розрахунок вала на міцність

Мета розрахунку: розрахунок вала на міцність.

Розрахунок здійснюється за методикою, викладеною в [3].

Згідно розрахункової схеми рисунок 4.9.

Момент опору прогину оболонки валу, у перерізі I-I:

$$W_I = 0,2 \cdot D^3 \cdot (1 - \alpha^4) = 0,2 \cdot 0,538^3 \cdot (1 - 0,9^4) = 0,01 \text{ м}^3$$

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 64   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

Момент опору прогину цапфи валу в перерізі II-II:

$$W_2 = 0,1 \cdot d_1^3 = 0,1 \cdot 0,095 = 0,0095 \text{ м}^3$$

Згинаючий момент оболонки валу в перерізі I-I:

$$M_1 = G \cdot \left( \frac{L}{4} - \frac{B}{8} \right) = 28000 \cdot \left( \frac{5,530}{4} - \frac{5,220}{8} \right) = 20148 \text{ Нм}$$

Згинаючий момент цапфи валу в перерізі II-II:

$$M_2 = R_a \cdot c = 14000 \cdot 0,155 = 2170 \text{ Нм}$$

Реакція опори:

$$R_a = \frac{G}{2} = \frac{28000}{2} = 14000 \text{ Н}$$

Напруження при згинанні оболонки валу в перерізі I-I:

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_1} = \frac{20170}{0,01} = 2017000 \text{ Па}$$

$$\sigma_1 = 2017000 \text{ Па} < [\sigma]_B = 13000000 \text{ Па}$$

Напруження при згинанні цапфи валу в перерізі II-II:

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{W_2} = \frac{2170}{0,0095} = 228421 \text{ Па}$$

$$\sigma_2 = 228421 \text{ Па} < [\sigma]_{II} = 550000 \text{ Па}$$

Висновок: умова міцності вала виконується, оскільки напруження при згинанні є значно меншими за допустиме напруження.

#### 4.4.3 Розрахунок довговічності підшипників грудного валу

Мета розрахунку: визначити термін роботи підшипників грудного валу.

Вихідні дані до розрахунку:

|  |         |
|--|---------|
| сумарне навантаження на вал R, Н       | 68433,2 |
| робоча частота обертання валу n, об/хв | 266,38  |

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 65   |

|  |       |
|--|-------|
| динамічна вантажопідйомність підшипника С, Н [3] | 57800 |
| коефіцієнт обертання $K_K$ [3]                   | 1     |
| коефіцієнт осьового навантаження $m$ [3]         | 3,5   |
| температурний коефіцієнт $K_T$ [3]               | 1     |
| коефіцієнт безпеки $K_\delta$ [3]                | 1,2   |
| коефіцієнт радіального навантаження $X$ [3]      | 1     |
| коефіцієнт осьового навантаження $Y$ [3]         | 2,642 |

Розрахунок здійснюється за методикою, викладеною в [3].

Для даного вала обрано підшипник №3617 ГОСТ 5721-75 по розміру 0,085м.

Приведене навантаження на один підшипник:

$$R_{np} = \frac{R}{2} \cdot (X \cdot K_K + 0,1 \cdot Y) \cdot K_T \cdot K_\delta = \frac{68433,2}{2} (1 \cdot 1 + 0,1 \cdot 2,642) \cdot 1 \cdot 1,2 = 42399,5 \text{ Н.}$$

Термін роботи підшипника:

$$L_0 = \left( \frac{C}{R_{np}} \right)^{10/3} = \left( \frac{57800}{42399,5} \right)^{10/3} = 6052 \text{ млн. об.}$$

Годинний термін роботи підшипника:

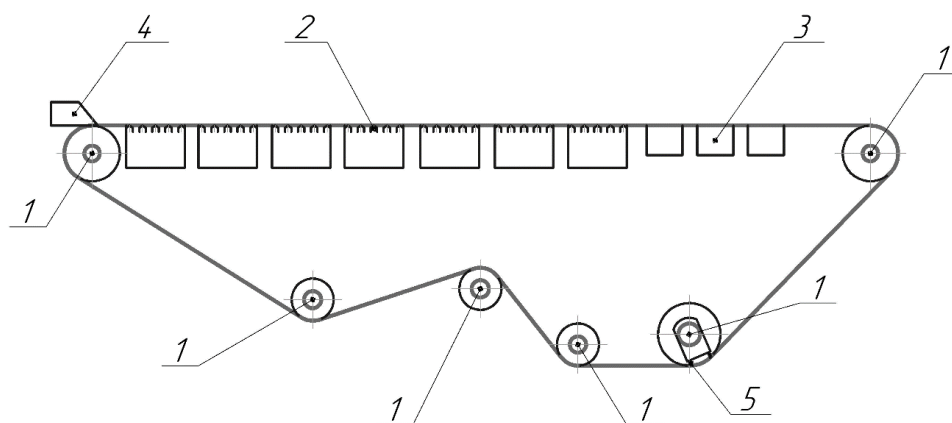
$$L_h = \frac{L_0}{3600 \cdot n} = \frac{6052 \cdot 10^6}{3600 \cdot 4,44} = 378629 \text{ год.}$$

Висновок: в результаті даного розрахунку встановлено, що термін роботи підшипників грудного валу складає 378629 год.

#### 4.5 Розрахунок потужності електродвигуна та його вибір для покрівельного шару

Метою даного розрахунку є визначення потужності електродвигуна методом тягових зусиль та його вибір.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 66   |



1 – підшипникові опори; 2 –гідропланки; 3 – відсмоктуючі ящики;  
4 – напірний ящик; 5 – ущільнення гауч-вала.

Рисунок 4.11 – Тягові зусилля

Метою даного розрахунку є визначення потужності електродвигуна методом тягових зусиль та його вибір.

Вихідні дані:

|  |        |
|--|--------|
| сила тяжіння грудного вала $G_T$ , Н                       | 28000  |
| лінійний натяг гілок сітки $q$ , кН/м                      | 5      |
| ширина сітки $b_c$ , м                                     | 4,5    |
| зовнішній діаметр грудного вала $D$ , м                    | 0,711  |
| діаметр цапфи грудного вала $d$ , м                        | 0,4    |
| сила тяжіння поворотного вала $G_{пов}$ , Н                | 25000  |
| зовнішній діаметр поворотного вала $D_1$ , м               | 0,711  |
| діаметр цапфи поворотного вала $d_1$ , м                   | 0,4    |
| сила тяжіння гауч-вала $G_{гв}$ , Н                        | 140000 |
| зовнішній діаметр гауч-вала $D_2$ , м                      | 0,8    |
| діаметр цапфи гауч-вала $d_2$ , м                          | 0,470  |
| сила тяжіння зворотного і правильного валів $G$ , Н        | 60000  |
| зовнішній діаметр зворотного і правильного валів $D_3$ , м | 0,540  |
| діаметр цапфи зворотного і правильного валів $d_3$ , м     | 0,250  |
| сила тяжіння сітконатяжного вала $G_{сн}$ , Н              | 20000  |

|   |          |
|---|----------|
| зовнішній діаметр сітконатяжного вала $D_4$ , м | 0,540    |
| діаметр цапфи сітконатяжного вала $d_4$ , м     | 0,250    |
| швидкість машини $V$ , м/с (м/хв)               | 10 (600) |

Розрахунок здійснюється за методикою, викладеною в [21].

Сумарне тягове зусилля для приведення в рух сіткової частини дорівнює:

$$\Sigma T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6, \text{ кН (4.1)}$$

де  $T_1$  – тягове зусилля для подолання тертя в підшипникових опорах валів кН;

$T_2$  – тягове зусилля для подолання тертя на формуючому ящику кН;

$T_3$  – тягове зусилля для подолання тертя на гідропланках кН;

$T_4$  – тягове зусилля для подолання тертя шаберів о вали кН;

$T_5$  – тягове зусилля для подолання тертя сітки по поверхні відсмоктуючих ящиків кН;

$T_6$  – тягове зусилля для подолання тертя в ущільненнях гауч-вала кН.

Для розроблюваної сіткової частини формула 4.1 набуває вигляду:

$$T_1 = T_1' + T_2' + T_3' + T_4' + T_5' + T_6', \text{ кН (4.2)}$$

де  $T_1'$  – тягове зусилля для подолання тертя в підшипникових опорах грудного вала кН;

$T_2'$  – тягове зусилля для подолання тертя в підшипникових опорах поворотного вала кН;

$T_3'$  – тягове зусилля для подолання тертя в підшипникових опорах гауч-вала кН;

$T_4'$  – тягове зусилля для подолання тертя в підшипникових опорах зворотного вала кН;

$T_5'$  – тягове зусилля для подолання тертя в підшипникових опорах сітконатяжного вала кН;

$T_6'$  – тягове зусилля для подолання тертя в підшипникових опорах правильного вала кН;

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 68   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

Рівнодіюча натягу гілок сітки  $Q_z$ , кН визначається:

$$Q_z = 2 \cdot q \cdot b_c = 2 \cdot 7 \cdot 4,5 = 63, \text{ кН}$$

Для грудного вала навантаження на підшипникові опори  $Q_{гр}$  можна визначити (приймавши що зусилля від натягу гілок сітки діють в горизонтальній площині) за формулою:

$$Q_{cp} = \sqrt{G_T^2 + Q_z^2} = \sqrt{28^2 + 63^2} = 91, \text{ кН}$$

Тоді

$$T'_1 = Q_{cp} \cdot f \cdot \frac{d}{D} = 91 \cdot 0,02 \cdot \frac{0,4}{0,711} = 1,02 \text{ кН}$$

де  $f$  – наведений коефіцієнт тертя ( $f = 0,02$ ).

Для поворотного вала навантаження на підшипникові опори  $Q_{пов}$  визначається:

$$Q_{пов} = \sqrt{G_{пов}^2 + Q_z^2} = \sqrt{25^2 + 63^2} = 88 \text{ кН}$$

Тоді

$$T'_2 = Q_{пов} \cdot f \cdot \frac{d_1}{D_1} = 88 \cdot 0,02 \cdot \frac{0,4}{0,711} = 0,99 \text{ кН}$$

Зусилля від тиску ущільнення, яке розраховується за формулою:

$$P_y = p \cdot F = p \cdot 2 \cdot a \cdot (b_1 + b_2) \cdot (1 - \varphi) = 50 \cdot 2 \cdot 0,025 \cdot (4,8 + 0,4) \cdot (1 - 0,249) = 9,763 \text{ кН}$$

де  $p$  – зусилля прижима ущільнення ( $p = 50 \text{ кН/м}^2$ );

$F$  – площа поздовжніх і поперечних ущільнень,  $\text{м}^2$ ;

$a$  – ширина ущільнень ( $a = 0,025$ ),  $\text{м}$ ;

$b_1$  і  $b_2$  – довжина поздовжніх і поперечних ущільнень, ( $b_1 = 4,8$ ;  $b_2 = 0,4$ )  $\text{м}$ ;

$\varphi$  – коефіцієнт перфорації ( $\varphi = 0,249$  таблиця 4.1).

Для розрахунку навантаження на підшипникові опори гауч-вала  $Q_{гв}$  можна скористатися формулою:

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 69   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

$$Q_{\text{сб}} = G_{\text{сб}} + P_y = 140 + 9,763 = 149,76 \text{ кН}$$

Таблиця 4.1 – Характеристика перфорації гауч-вала

| Діаметр вала, мм | Кількість опорних<br>прямокутник по колу<br>валу | Розмір<br>прямокутників,<br>мм/мм | Живий перетин<br>отворів, % |
|------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------|
| 600              | 28   | 67,3x120                          | 25,9                        |
| 700              | 32   | 68,6x120                          | 25,4                        |
| 800              | 36   | 69,8x120                          | 24,9                        |
| 915              | 43   | 68,3x120                          | 25,5                        |
| 1000             | 46   | 68,26x120                         | 25,5                        |
| 1300             | 58   | 70,37x120                         | 24,8                        |
| 1500             | 64   | 73,5x120                          | 23,7                        |

Тоді

$$T'_3 = Q_{\text{сб}} \cdot f \cdot \frac{d_2}{D_2} = 149,76 \cdot 0,02 \cdot \frac{0,470}{0,8} = 1,76 \text{ кН}$$

Тягове зусилля для подолання тертя в підшипникових опорах зворотного та сітконатяжного валів розраховується за формулою:

$$T'_4 = T'_6 = G \cdot f \cdot \frac{d_3}{D_3} = 60 \cdot 0,02 \cdot \frac{0,250}{0,540} = 0,55 \text{ кН}$$

Для сітконатяжного вала навантаження на підшипникові опори  $Q_{\text{сн}}$  визначається:

$$Q_{\text{сн}} = \sqrt{G_{\text{сн}}^2 + Q_z^2} = \sqrt{50^2 + 45^2} = 67,3 \text{ кН}$$

Тоді

$$T'_5 = Q_{\text{сн}} \cdot f \cdot \frac{d_4}{D_4} = 67,3 \cdot 0,02 \cdot \frac{0,25}{0,540} = 0,62 \text{ кН}$$

Тягове зусилля для подолання тертя в підшипникових опорах валів дорівнюють:

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 70   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |



$$T_1 = T'_1 + T'_2 + T'_3 + T'_4 + T'_5 + T'_6 + T'_7 = 1,02 + 0,99 + 1,76 + 0,55 + 0,62 + 0,55 = 4,65 \text{ кН.}$$

Висота шару маси подається на сітку розраховується за формулою:

$$h_{oo} = \frac{g}{C_{cl} \cdot 10^4} \cdot \frac{C_{cl} - C_{рег}}{C_{oo} - C_{рег}} = \frac{175}{7 \cdot 10^4} \cdot \frac{7 - 0,05}{1 - 0,05} = 0,015, \text{ м}$$

де  $g$  – маса 1 м<sup>2</sup> картону ( $g = 175 \text{ г/м}^2$ )

$C_{cl}$  – концентрація паперової маси на (сухий) лінії, % ( $C_{cl} = 7\%$ );

$C_{рег}$  – концентрація реєстрових вод, % (таблиця 4.2);

$C_{oo}$  – концентрація маси в напірному ящику, % (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 – Концентрація паперової маси на сітковій частини БКРМ

| Вид<br>продукции                                   | Концентрация и сухость, %                |                                    |                                      |                        |                                       |                                       | Коли-<br>чество<br>сухих<br>отса-<br>сыва-<br>ющих<br>ящи-<br>ков | Макси-<br>маль-<br>ный ва-<br>куум в<br>отсасы-<br>вающих<br>ящиках,<br>кПа | Козф-<br>фици-<br>ент «х» |
|--|--|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|---|---------------------------|
|  | в<br>напор-<br>ном<br>ящике,<br>$C_{00}$ | после<br>регис-<br>тровой<br>части | после<br>отсасы-<br>вающих<br>ящиков | после<br>гауч-<br>вала | регис-<br>ровой<br>воды,<br>$C_{рег}$ | осев-<br>шего<br>слоя<br>воло-<br>кон |   |   |                           |
| Бумаги с древесной массой                          |  |                                    |                                      |                        |                                       |                                       |   |   |                           |
| Газетная   | 0,6-0,7                                  | 2,5-3                              | 11-13                                | 19-20                  | 0,346                                 | 4-5                                   | 3-9   | 26,5  | 0,142                     |
| Писче-печатные<br>№ 2 и 3                          | 0,7-0,9                                  | 2,5-3                              | 11-13                                | 18-20                  | 0,3                                   | 4-5                                   | 3-9   | 21,0  | 0,096                     |
| Мундштучная,<br>обойная                            | 0,8-1,1                                  | 3-4                                | 11-14                                | 18-21                  | 0,2                                   | 4-5                                   | 2-10  | 31,6  | 0,11                      |
| Бумаги из сульфитной и сульфатной целлюлоз         |  |                                    |                                      |                        |                                       |                                       |   |   |                           |
| Писчая №1, 70 г/м <sup>2</sup>                     | 0,7-0,8                                  | 2-2,5                              | 11-13                                | 18-20                  | 0,18                                  | 4-5                                   | 2-9   | 22,3  | 0,065                     |
| Офсетная   | 0,8-1,2                                  | 3-4                                | 11-14                                | 20-22                  | 0,2                                   | 4-5                                   | 3-10  | 20  | 0,065                     |
| Для глубокой<br>печати, 90-160<br>г/м <sup>2</sup> | 0,8-1,2                                  | 3-4                                | 11-14                                | 20-22                  | 0,35                                  | 4-5                                   | 3-10  | 20  | 0,065                     |
| Конденсаторная,<br>5-7 мк                          | 0,12-<br>-0,2                            | 0,8-1,0                            | 6-7                                  | 7,5-9                  | 0,035                                 | 2-3                                   | 6-9   | 3,3   | -                         |
| 8-13 мк  | 0,24-<br>-0,33                           | 0,8-1,2                            | 6-8                                  | 10-11                  | 0,055                                 | 2-3                                   | 6-9   | 3,3   | -                         |
| Мешочная,<br>70-78 г/м <sup>2</sup>                | 0,15-<br>-0,4                            | 2,0-2,5                            | 10-12                                | 17-19                  | 0,04                                  | 4,5-<br>-5,5                          | 5-11  | 14  | -                         |
| Картон   |  |                                    |                                      |                        |                                       |                                       |   |   |                           |
| Для гладких<br>слоев                               | 0,6-0,9                                  | 2,5-3                              | 11-12                                | 19-21                  | -                                     | 4,5-5                                 | 6-12  | 28  | -                         |
| Коробочный   | 0,8-1,0                                  | 2,5-3                              | 12-14                                | 18-20                  | -                                     | 4,5-5                                 | 6-12  | 30  | -                         |
| Бумага для<br>гофрирования                         | 0,5-0,7                                  | 2-2,5                              | 10-12                                | 18-20                  | -                                     | 4-4,5                                 | 6-10  | 24  | -                         |

Тягове зусилля для подолання тертя на формувальному ящику дорівнює:

$$T_2 = f_2 \cdot l_{cp} \cdot b_c \cdot h_{oo} \cdot \rho \cdot g = 0,15 \cdot 4,5 \cdot 0,675 \cdot 0,015 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 0,065 \text{ кН,}$$

де  $f_2$  – коефіцієнт тертя сітки об поверхню формуючого ящика ( $f_2 = 0,15$ );

$l_{ф}$  – ширина формуючого ящика по ходу сітки ( $l_{ф} = 0,675$ );

$\rho$  – щільність картонної маси ( $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ );

$g$  – прискорення вільного падіння ( $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ).

Вага сітки дорівнює:

$$G_c = L \cdot b_c \cdot q_c = 7,1 \cdot 4,5 \cdot 2 = 0,064 \text{ кН},$$

де  $q_c$  – вага 1 м<sup>2</sup> сітки (для бронзової сітки 3-4 Н/м<sup>2</sup>, для синтетичних сіток 1,5-2 Н/м<sup>2</sup>).

Висота шару маси на сітці перед відсмоктувальними ящиками дорівнює:

$$h_{\text{я}} = \frac{q}{c_a \cdot 10^4} = \frac{5}{4 \cdot 10^4} = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ м},$$

де  $c_a$  – концентрація маси на сітки перед відсмоктувальними ящиками (3-4 %).

Вага маси на сітці може бути визначена за формулою:

$$G_m = L_1 \cdot b_c \cdot \frac{h_{\text{оо}} + h_{\text{я}}}{2} \cdot \rho \cdot g = 7,1 \cdot 4,5 \cdot \frac{0,015 + 0,000125}{2} \cdot 1000 \cdot 9,81 = 2,31 \text{ кН},$$

де  $L_1$  – відстань від осі грудного вала до першого відсмоктуючого ящика, м

Тягове зусилля необхідне для переміщення сітки по гідропланки, визначається за формулою (без урахування вакууму на гідропланки):

$$T_3 = (G_m + G_c) \cdot f = (2,31 + 0,064) \cdot 0,09 = 0,21 \text{ кН}.$$

Тягове зусилля для подолання тертя шабера по валу визначається за формулою:

$$T_4 = f_{\text{ш}} \cdot q_{\text{ш}} \cdot b_{\text{ш}} = 0,3 \cdot 0,2 \cdot 0,5 = 0,03 \text{ кН},$$

де  $f_{\text{ш}}$  – коефіцієнт тертя шабера по валу, дорівнює 0,2 - 0,4;

$q_{\text{ш}}$  – тиск шабера на вал, дорівнює 0,15 - 0,25 кН/м;

$b_{\text{ш}}$  – довжина зіткнення шабера з валом (дорівнює довжині оболонки вала). В нашому випадку  $b_{\text{ш}} = 0,05$  м.

Площа отворів відсмоктуючих ящиків з урахуванням коефіцієнта перфорації розраховується за формулою:

$$F_{\text{жс}} = f_{\text{я}} \cdot b_{\text{я}} \cdot b_c \cdot n = 0,249 \cdot 0,462 \cdot 4,5 \cdot 5 = 2,6 \text{ м}^2,$$

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 72   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

де  $f_{\text{я}}$  – коефіцієнт перфорації (для вологих відсмоктуючих ящиків 0,45 - 0,5, а для сухих відсмоктуючих ящиків 0,3 - 0,36);

$b_{\text{я}}$  – ширина відсмоктуючого ящика, дорівнює 0,462 м;

$n$  – кількість відсмоктуючих ящиків.

Тягове зусилля для подолання тертя сітки по поверхні відсмоктуючих ящиків визначається за формулою:

$$T_5 = f_c \cdot F_{\text{жс}} \cdot H_{\text{ср}} = 0,09 \cdot 2,6 \cdot 6 = 1,4 \text{ кН},$$

де  $f_c$  – коефіцієнт тертя сітки по поверхні відсмоктуючих ящиків (таблиця 4.3);

$H_{\text{ср}}$  – середньоарифметичний вакуум в відсмоктуючих ящиках кПа.

Тягове зусилля для подолання тертя ущільнень відсмоктуючої камери гауч-вала про внутрішню поверхню циліндра вала дорівнює:

$$T_6 = p \cdot F \cdot f \cdot \frac{d_2}{D_2} = 50 \cdot 0,26 \cdot 0,15 \cdot \frac{0,736}{0,8} = 1,8 \text{ кН},$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя між внутрішньою поверхнею циліндра і ущільнення ( $f = 0,15$ );

$p$  – тиск ущільнення на внутрішню поверхню циліндра гауч-вала ( $p = 50$  кПа).

Таблиця 4.3 – Коефіцієнт тертя сітки

| Матеріал кришки та сітки      | Коефіцієнт тертя |
|-------------------------------|------------------|
| Бронзова сітка                |                  |
| Бук в торцевій площині        | 0,19             |
| Бук в площині шарів деревини  | 0,23             |
| Текстоліт                     | 0,12             |
| Тверда гума                   | 0,2 + 0,25       |
| Високомолекулярний поліетилен | 0,080 + 0,089    |
| Синтетична сітка              |                  |
| Фторопласт                    | 0,03             |
| Поліуретан                    | 0,03 + 0,06      |
| Керамічне покриття            | 0,07             |
| Карбід кремнію                | 0,01 + 0,02      |
| Високомолекулярний поліетилен | 0,08 + 0,09      |

Сумарне тягове зусилля для приведення в рух сіткової частини дорівнює:

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 73   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

$$\Sigma T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 = 4,65 + 0,065 + 0,21 + 0,03 + 1,4 + 1,8 = 8,15 \text{ кН.}$$

Розрахунок потужності на подолання загального тягового зусилля:

$$N_e = \frac{\Sigma T_c \cdot V \cdot K_v \cdot K_m}{60 \cdot 1000} = \frac{8000 \cdot 450 \cdot 1,05 \cdot 1,27}{60 \cdot 1000} = 80 \text{ кВт}$$

де  $\Sigma T$  – загальне тягове зусилля, Н;

$K_v$  – коефіцієнт який враховує швидкість  $1 + 0,0002(V - 200)$ ;

$K_m$  – коефіцієнт потужності  $1,25 \dots 1,3$ ;

60, 1000 – перевідні коефіцієнти.

По потужності на вхідному валу  $N_e$ , визначаємо потужність електродвигуна:

$$N_d = \frac{N_e}{\eta} = \frac{80}{0,92} = 86,9 \text{ кВт}$$

де  $\eta$  – КПД приводу.

Оскільки в сітковій частині приводними являються гауч-вал тоді для нього підбираємо двигун :

- тип АИР250М4;
- частота обертання 1500 об/хв;
- номінальна потужність 90 кВт.

Висновок: розраховано необхідну потужність та вибрано електродвигун.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 74   |

## 5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Для забезпечення належного рівня охорони праці співробітників паперо- та картоноробних підприємств проводять попередній науковий аналіз умов праці, виробничих процесів, конструкції машин та обладнання на предмет імовірності виникнення небезпечних факторів, виділення шкідливих виробничих речовин. На основі попереднього наукового аналізу визначаються небезпечні етапи виробництва, можливість виникнення аварійних ситуацій, їх характер та розробляються методи усунення чи обмеження наслідків.

Завдання охорони праці – мінімізувати імовірність різного роду уражень під час праці робітників із одночасним забезпеченням їх комфорту та максимальної продуктивності праці.

Тема магістерської дисертації: “Модернізація формуючої частини картоноробної машини”, тому об’єктом досліджень є персонал даного підприємства, до якого входить оператор картоноробної машини, що обслуговує формуючу частину. Він знаходиться на робочому місці, у приміщенні, площею  $S = 24 \text{ м}^2$  і об’ємом  $V = 72 \text{ м}^3$ .

При роботі оператора існують шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

- виробничий шум;
- промислове освітлення;
- повітря робочої зони;
- електробезпека;
- пожежна безпека;
- надзвичайні ситуації.

Передаточні механізми (шестерні, з’єднувальні муфти, колеса, вал карданний й т.д.) скомпоновані всередині станин або мають огороження, які виконані у відповідності з «Єдиними вимогами безпеки до технологічного обладнання ЦПП», Лісова промисловість, М., 1972, розділ II, підрозділ I, а також ГОСТ 25-08-658-72 і ОСТ 25-08659- 72 (огороження приводних устроїв).

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 75   |

## 5.1 Виробничий шум

Основними джерелами шуму формуючої частини, що розробляється є вали, двигуни та інше устаткування, шум яких перевищує 95 дБА.

Заходи по зниженню шуму механічного походження:

– Шумопоглинання – використовують облицювальний матеріал з перфоруванням, покриттям та гіпсові плити. Операторна захищена екраном, який встановлений між машиною й робочим місцем. Екран виконаний зі скла силікатного товщиною 5 мм, що знижує рівень шуму на 20 – 15 дБА.

– Звукоізоляція – забезпечення звукоізоляції дверного проходу приміщення, не нижче 30 дБА, стіни і покриття операторної забезпечені звукоізолюючим облицюванням з коефіцієнтом звукопоглинання не нижче 0,7 і мають звукоізолюючу здатність не нижче 50 дБА.

Для зменшення шуму від елементів формуючої частини, що обертаються необхідно:

- слідкувати за рівнем мастила в підшипникових вузлах (знижує рівень шуму  $\Delta L$  на 5 дБА);
- виконати балансування валів (знижує рівень шуму  $\Delta L$  на 7 дБА);
- монтажні роботи виконувати з великою точністю (знижує рівень шуму  $\Delta L$  на 6 дБА) [23].

Для зниження шуму, що виникає в цеху, передбачено масивний бетонний фундамент, шумопоглинаючі покриття, застосування звукоізолюючих кожухів і акустичних екранів на обладнанні, що є джерелом підвищеного рівня шуму.

Ці заходи дозволяють знизити рівень шуму в робочій зоні до 65 дБА, що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.037-99.

Засоби індивідуального захисту: протишумові навушники ПШН-Б ГОСТ 12.4.051.87, протишумові вкладиші «Беруши СТ-1» ТУУ25513947.002-99.

## 5.2 Промислове освітлення

До висвітлення промислових приміщень і їх територій пред'являються високі вимоги для забезпечення безпечного виконання робіт, а також перебування

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 76   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

та пересування людей. Проектування і монтаж приладів освітлення на таких об'єктах мають виконуватися відповідно до технічних нормативів. Вибираючи елементи освітлення для промислового підприємства також необхідно врахувати відмінності в освітленні промислового приміщення і відкритій території. До промислових елементів освітлення висувають наступні вимоги:

- Освітлення повинне бути однорідним без осліплюючого ефекту. Можливе використання відбивачів, які дозволяють досягти максимальної яскравості освітлювальних приладів і розширити площу освітлення;

- Характер світла повинен бути рівномірним без різких контрастів. Для освітлення затемнених ділянок можливе використання спрямованого світла;

- Для освітлення виробничих цехів повинні використовуватися світильники із закритим і захищеним корпусом. Такі заходи захисту допоможуть забезпечити безперебійну роботу світильників в навіть самих вологих або запилених приміщеннях.

Промислова світлотехніка повинна бути якісною, надійною та безпечною. При цьому з метою економічності вона повинна мати високий ККД, бути простою в експлуатації і не вимагати регулярного, технічно складного і дорогого ремонту.

В цеху підприємства, де працює оператор, необхідно забезпечити нормальну освітленість виробничої ділянки, яка становить  $E_{норм} = 250$  лк.

Джерела штучного світла, що застосовуються: лампи світлодіодні, потужністю 8 Вт, світловий потік яких становить 800 лм, час роботи – 25000 годин, фактична освітленість становить  $E_f = 300$  лк.

Таким чином, освітленість робочого місця відповідає вимогам ДБН В 2.5.28 – 2006.

Крім робочого передбачено також аварійне освітлення. Освітленість повинна становити не менше 5% величини робочого освітлення і не менше 1 лк на території підприємства.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 77   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

### 5.3 Повітря робочої зони

Робота оператора формуючої частини відноситься до категорії середньої важкості класу 21. Величина енерговитрат для цієї категорії робіт складає 172 – 293 Дж/с відповідно. Оптимальна температура в холодний період – 170С-190С, в теплий період – 200С-240С. Волога повітря в цеху чинить великий вплив на терморегуляцію організму. Тому оптимальні величини відносної вологості складають 40-60%. Швидкість повітря впливає на розподіл шкідливих речовин в приміщенні. Повітряні потоки можуть розповсюджувати їх по всьому об'єму приміщення, переводити пил з осівшого стану у звішений. Мінімальна швидкість руху повітря, яку відчуває людина, складає 0,2 м/с. В зимову пору року швидкість руху повітря не перевищує 0,2 – 0,5 м/с, а в літню – 0,2 – 1,0 м/с. Метеорологічні умови відповідають санітарним нормам ДСН3.3.6.042-99. Необхідний стан повітря робочої зони може бути забезпечений завдяки виконанню певних заходів, основними з яких є:

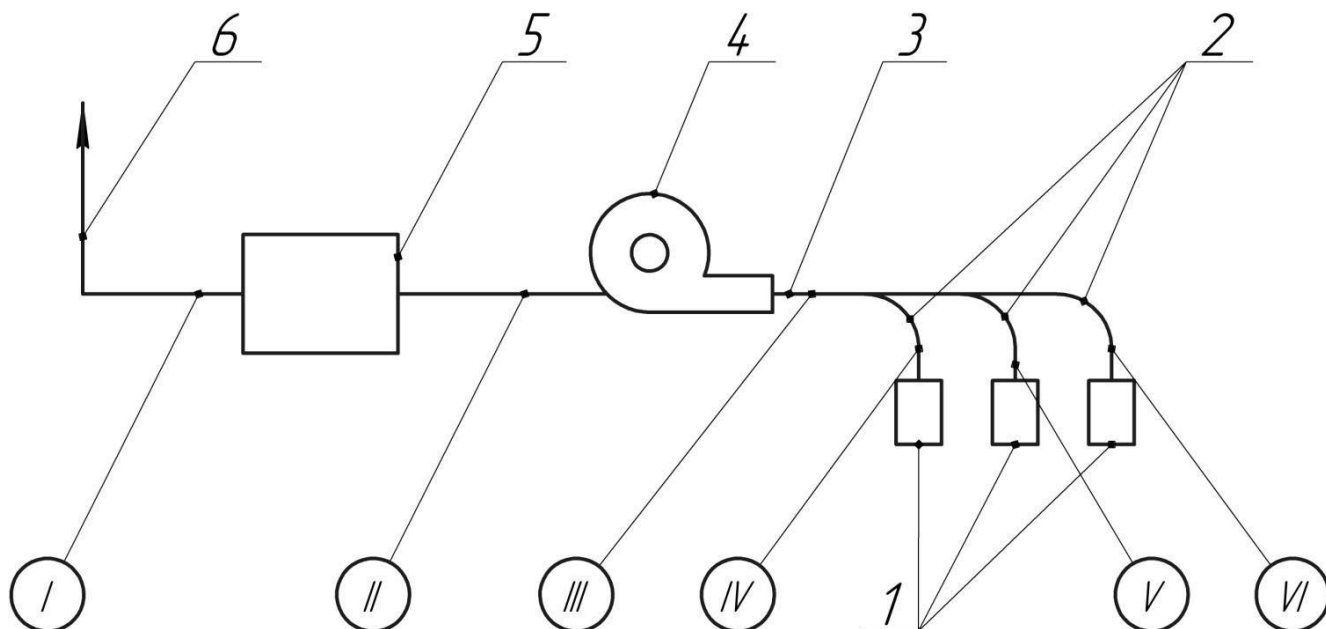
- застосування технологічних процесів і обладнання, що виключають утворення шкідливих речовин або попадання їх у робочу зону;
- надійна герметизація вузлів устаткування, де нагріваються підшипники, з поверхні яких випаровується мастило;
- установка на проектованій ділянці пристрою вентиляції або кондиціонування.

При роботі формуючої частини КРМ виділяється значна кількість тепла, що призводить до небажаного підвищення температури в робочій зоні. Для усунення цього шкідливого фактору використовується природна вентиляція цеху. Крім того, в літній період застосовується механічна вентиляція у формі парасолі, яка встановлена у місці виділення надлишкового тепла.

Система вентиляції цеху зображена на рисунку 5.1.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 78   |





1 – забірні пристрої, 2 – повітроводи, 3 – магістральний трубопровід, 4 – вентилятор, 5 – очисник повітря, 6 – відвід повітря,

I, II, III, IV, V, VI – ділянки вентиляційної системи

Рисунок 5.1 – Система витяжної вентиляції цеху

Відвід повітря здійснюється через систему механічної вентиляції, робочі органи якої у формі парасолі. На рисунку 5.2 наведено її схему.

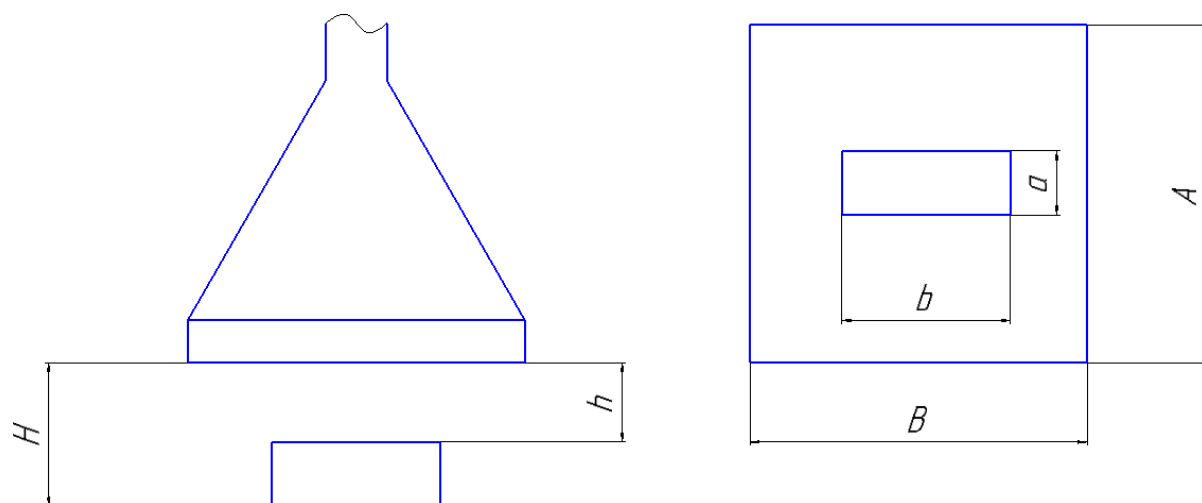


Рисунок 5.2 – Витяжна парасолька

Вихідні дані:

Висота підвісу зонта Н, м

1,6

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 79   |

|   |      |
|---|------|
| Відстань від пазу зонта до поверхні, що перекривається h, м | 0,8  |
| Ширина поверхні, що перекривається a, м                     | 0,7  |
| Довжина поверхні, що перекривається b, м                    | 4    |
| Відстань від низу зонта до поверхні що перекривається h, м  | 0,8  |
| Кут розкриття зонта $\varphi$ , °                           | 60   |
| Середня швидкість в розрахунковому перерізі зонта V, м/с    | 0,75 |
| Розрахунок ведемо за методикою, що наведена в [24].         |      |

Розміри прямокутної парасолі:

$$A = a + 0,8 \cdot h = 0,7 + 0,8 \cdot 0,8 = 1,34 \text{ м,}$$

$$B = b + 0,8 \cdot h = 4 + 0,8 \cdot 0,8 = 4,64 \text{ м.}$$

Кут зачинення зонта  $\varphi$  маємо приймати не більше 60° (в цьому випадку осьова швидкість в перерізі зонта близька до середньої по всьому перерізу зонта).

|        |        |
|--------|--------|
| Повна  | висота |
| зонта: |        |

$$h_3 = \frac{A - D}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} + h_6 = \frac{1,34 - 0,3}{2 \cdot 0,57735} + 0,2 = 1,1 \text{ м,}$$

де  $D = 0,3$  – діаметр витяжної труби, м,

$h_6 = 0,2$  – висота борту, м.

Площа витяжної зони прямокутної парасолі:

$$F = A \cdot B = 1,34 \cdot 4,64 = 6,22 \text{ м}^2$$

Об'єм повітря, що видаляється витяжною трубою від парасольки:

$$L = 3600 \cdot F \cdot V = 3600 \cdot 6,22 \cdot 0,75 = 16794 \text{ м}^3/\text{год}.$$

За отриманими даними вибираємо осьовий вентилятор МЦ-8 за [24] з заданими характеристиками: Продуктивність  $L = 20000 \text{ м}^3/\text{год}$ , ККД  $\eta = 0,58$ , повний тиск –  $P = 10 \text{ кг/м}^2$ .

$$N = \frac{L \cdot k \cdot P}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_v \cdot \eta_{\pi}} = \frac{20000 \cdot 1,5 \cdot 10}{3600 \cdot 102 \cdot 0,58 \cdot 0,6} = 2,347 \text{ кВт,}$$

Потужність двигуна:

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 80   |

де  $\eta_n = 0,6$  – ККД передачі.

Потужність електродвигуна  $N$  розраховується з коефіцієнтом запасу  $k = 1,5$ .

Приймаємо електродвигун потужністю  $N = 2,5$  кВт з кількістю обертів  $n = 950$  об/хв.

Для забезпечення нормальних метрологічних умов згідно зі СНиП 2.04.05 – 91 передбачені наступні заходи:

- механізація і автоматизація важких і трудомістких робіт;
- пристрій захисту екранів, що захищають робочі місця від теплового випромінювання;
- система припливно-витяжної та змішаної, а також комбінованої вентиляції;
- біля входу в цех передбачено пристрій повітряно-теплових завіс, для попередження від переохолодження в зимовий час.

Параметри мікроклімату контролюються на початку, в кінці та в середині теплового та холодного періодів року, а також на початку, в середині і в кінці зміни.

## 5.4 Електробезпека

У даному випадку, приміщення, в якому розташована ПРМ, відноситься до класу 21 – зони приміщень, де можливе утворення вибухонебезпечних концентрацій пилу або волокон з повітрям або іншим окислювачем при нормальних, нетривалих режимах роботи. На пульті управління оператора напруга  $U = 220/380$  В, частота  $f = 50$  Гц. Тип електромережі змінний із глухо заземленою нейтраллю.

На підприємстві, де експлуатуються будь-які види електротехніки, має бути забезпечено їх утримання у справному стані. Відповідальність за це несе інженер з охорони праці або фахівець, що виконує функції по забезпеченню охорони праці.

Експлуатація такого устаткування повинна проводитися відповідно до інструкцій, правил і норм безпеки, вимог охорони праці та інших регулюючих

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 81   |

документів. Електричне обладнання повинно своєчасно проходити технічне планове обслуговування, ремонт, профілактичні випробування та інші види обслуговування, що забезпечують його справну роботу.

До роботи на електричному обладнанні допускаються особи, які мають необхідну групу електробезпеки, пройшли медичний огляд і не мають протипоказань за станом здоров'я, що пройшли інструктаж з правил експлуатації і техніки безпеки. Персонал, що працює з електричним обладнанням, повинен бути забезпечений засобами електрозахисту і спецодягом, а самі електричні установки вкомплектовані засобами захисту і всім необхідним для пожежогашіння.

У даному випадку для оператора формуючої частини картоноробної машини були застосовані наступні заходи для запобігання ураження електричним струмом:

- ізоляція струмопровідних частин пульта керування ( $R = 0,5 \text{ Ом}$ );
- електророзділення мережі за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів;
- рубильники включення замкнені в спеціальних шафах;
- при роботі з електроінструментом, потрібно застосовувати індивідуальні захисні засоби, такі як діелектричні рукавички і калоші, гумові килимки, ізольовані підставки;
- в аварійному режимі використовується захисне занулення;
- встановлення орієнтації в електроустановках (попереджувальні сигнали та знаки; написи та таблички; знаки високої напруги; відповідне розташування і колір неізольованих струмоведучих частин і ізоляції; фарбування органів управління у відмінний від інших колір).

Забороняється:

- проводити роботи на незанулених вузлах лінії;
- проводити ремонт лінії без вимкнення електричної мережі;
- залишати лінію, що працює без нагляду;
- допускати до роботи людей, які не пройшли навчання і перевірку знань з охорони безпеки [24].

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 82   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

## 5.5 Пожежна безпека

Головним матеріалом на ділянці, який може спричинити пожежу є папір, що має низьку температуру займання (приблизно 250°C).

У відповідності до ОНТП 24-86, приміщення, де розміщена папероробна машина, відноситься до категорії В – пожежонебезпечне, так як містить горючі речовини, клас зони П – Па (ПУЕ). Згідно з СНІП 2.01.02-85, приміщення відноситься до першого ступеня вогнетривкості. Кількість поверхів не обмежується. Площа поверхів у межах пожежних відсіків не обмежується.

На промисловому підприємстві особливо важливо забезпечити безпеку кожного співробітника. Одним з головних факторів безпечної праці вважається пожежна безпека. Це складний комплекс дій, що включає в себе безліч різних заходів. Для забезпечення пожежної безпеки її правила повинні виконуватися всіма співробітниками підприємства без винятку. Це дозволить уникнути багатьох нещасних випадків, зберегти здоров'я і життя людей, запобігти тяжким наслідкам загоряння.

Для того, щоб забезпечити всім працівникам промислового підприємства належні умови праці, захист здоров'я і життя, необхідно виконати кілька цілей і завдань:

- затвердити службу, що допомагає організувати роботу із забезпечення пожежної безпеки на виробництві;
- провести детальний інструктаж із пожежної безпеки для співробітників;
- забезпечити дотримання правил пожежної безпеки;
- забезпечити приміщення підприємства засобами гасіння займань, а також системами попередження та уникнення пожежі.

В робочому приміщенні є два еваковихходи – двостулкові двері шириною 2 метри, які відкриваються назовні, що відповідає СНІП 2.09.02-85.

В якості засобів гасіння пожежі використовують вуглекислі вогнегасники ОУ-8 (3 шт.), щити (2 шт.) і ящики з піском (2 шт.), які знаходяться на видних і загальнодоступних місцях.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 83   |

В якості засобів оповіщення встановлена пожежна сигналізація із термооповіщувачами ПК4Г.

При виникненні пожежі використовують порошкові вогнегасники САМ – 9 для пожежогасіння без участі людини.

### **5.6 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях**

До надзвичайних ситуацій техногенного характеру на папероробному підприємстві відносяться аварії, що виникають в результаті поломки вузлів та обладнання ПРМ, наслідком чого може бути пожежа, вибух чи забруднення повітря сильнодіючими хімічними речовинами.

Якщо аварія на підприємстві призвела до вибуху, то окрім пожежі, небезпечним є розповсюдження ударної хвилі [24].

При виникненні вибуху на підприємстві необхідно:

- попередити робітників і службовців, зателефонувати в аварійно-рятувальну службу, а також оповістити населення, яке проживає поблизу;
- скористатися індивідуальними засобами захисту: індивідуальним повітряним апаратом МПА-2х30, місткістю балона 2 л, тиском 20 МПа, номінальний ЧЗД якого 18 хв. У разі нестачі для захисту органів дихання від пилу використовувати ватно-марлеву пов'язку;
- при пошкодженні будівлі вибухом входити та виходити з неї необхідно дуже обережно, переконавшись у відсутності значних ушкоджень перекриттів, стін, ліній електро-, газо- та водопостачання, а також пожежі та витоків газу;
- якщо вибух спричинив займання, необхідно скористатися первинними засобами пожежогасіння (вогнегасниками, протипожежним інвентарем). Для недопущення поширення вогню треба задіяти внутрішні пожежні кран-комплекти та пожежні гідранти;
- надати допомогу тим, хто опинився під уламками конструкцій;
- допомогти витягти людей з-під завалів.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 84   |

Схема евакуації у разі виникнення надзвичайної ситуації на підприємстві зображена на рисунку 5.4.

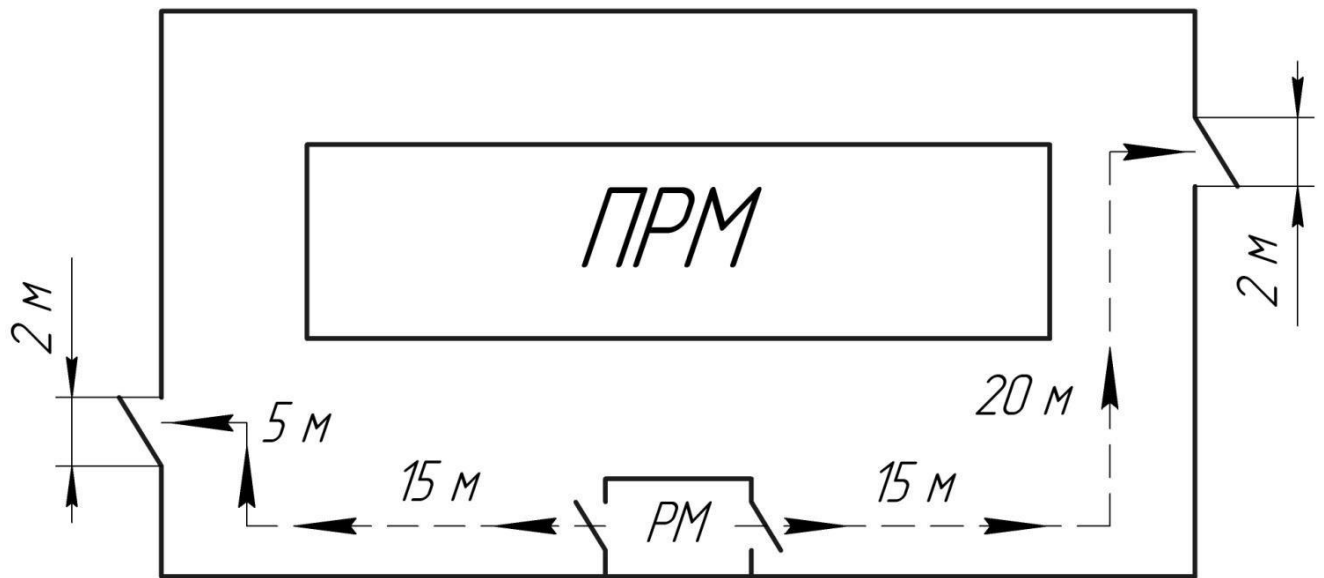


Рисунок 5.4 – Схема евакуації підприємства у разі виникнення надзвичайної ситуації

На підприємстві застосовуються автоматичні системи захисту, метою яких у разі виникнення надзвичайної ситуації є:

- сигналізація і оповіщення про аварійні ситуації виробничого процесу;
- оповіщення при порушенні регламентних параметрів (температури, тиску, складу речовини, швидкості процесу);
- виявлення загазованості виробничих приміщень і автоматичного включення пристроїв, які попереджають про утворення суміші газів і парів з повітрям вибухонебезпечних концентрацій;
- безаварійне зупинення окремих вузлів ПРМ або всього виробництва при раптовому припиненні подачі тепла та електроенергії, інертного газу, стисненого повітря.

Обладнання підвищеного тиску повинно укомплектовано системами вибухозахисту, які передбачають:

- застосування обладнання, розрахованого на тиск вибуху;
- застосування гідрозатворів, вогнепопереджувачів, інертних або парових завіс;

- захист апаратів від руйнування під час вибуху за допомогою пристроїв аварійного скидання тиску (запобіжні мембрани і клапани, швидкодіючі засувки, зворотні клапани тощо).

Вибухозахист систем підвищеного тиску досягається також організаційно-технічними заходами: розробленням інструкцій, регламентів, норм і правил ведення технологічних процесів, організацією навчання та інструктажу персоналу, контролем і наглядом за дотриманням норм технологічного режиму, правил і норм техніки безпеки, промислової санітарії та пожежної безпеки тощо.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 86   |



## 6. Рекомендації щодо ремонту та експлуатації сіткової частини

### Виготовлення

Картоноробна машина є основним і найбільш складним агрегатом картонного виробництва, на якому відбувається цілий комплекс складних технологічних процесів, пов'язаних з відливом, пресуванням, сушінням і обробкою картонного полотна. Вона є центральним об'єктом замовлень для целюлозно-паперових підприємств.

Картоноробна машина працює безперервно, і до неї пред'являються підвищені вимоги до точності виготовлення і монтажу. Незважаючи на великі розміри, машина забезпечується тонким регулюванням і виконує роботу високого класу точності при майже повній автоматизації процесів, які відбуваються на ній.

Кількість деталей, з яких складається сучасна картоноробна машина, досягає 100-300 тис. (без урахування болтів і гайок), а загальне число валів, валиків і сушильних циліндрів досягає 400-500 одиниць. Маса їх коливається від декількох сотень кілограмів до 100-170 т (нижні вали каландра, янки-циліндри), довжина валів, що визначається шириною виготовленого картонного полотна, досягає 10 - 12 м. Від якості та точності виготовлення і монтажу машини залежать терміни її освоєння, висока надійність в роботі і якість виготовленого картону.

### Монтаж

В процесі монтажу або модернізації картоноробної машини для забезпечення нормальної роботи її механічної частини необхідно забезпечити горизонтальність, симетричність, перпендикулярність робочої поверхні базового вала до центральної осі машини; горизонтальність, симетричність, паралельність робочих поверхонь валів, циліндрів і валиків до базового валу і між собою в межах заданих допусків; співвісність приводних валів; надійну посадку підшипникових вузлів і сполучених в процесі монтажу деталей; нормальне в межах заданих допусків зубчасте зачеплення паразитного приводу сушильних циліндрів; статичне і динамічне зрівноважування (балансування) деталей обертання; нормальне функціонування системи централізованої рідкого мастила;

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 87   |

рівномірне прилягання лез шиберів до поверхні валів (циліндрів) при обертанні; герметичність приєднуються до частин машини і допоміжного обладнання технологічних комунікацій.

Для сіткової частина важлива горизонтальність, симетричність, перпендикулярність робочої поверхні першого встановленого вала сіткової частини до центральної осі машини і паралельність його з базовим валом; горизонтальність, симетричне положення робочих поверхонь до центральної осі машини і паралельність всіх валів до першого встановленого валу і між собою в межах заданих допусків на монтаж сіткової частини. Також важливий контакт робочої гілки сітки з зневоднюючими елементами сіткового столу: формуючою дошкою, відсмоктувальними ящиками; легкість обертання всіх валів, переміщення механізмів сітконатяжок і сіткоправок; вільне без заїдання висунення сіткового столу, співвісність приводних валів, що з'єднуються даними типами муфт; легкість зміни знімних деталей на приводній стороні при заміні сітки консольного столу; герметичність технологічної комунікацій і місць приєднання повітропроводів до пневматичних механізмів і виконавчих приборів.

### **Експлуатація**

Обладнання сіткової частини повинно використовуватися тільки в місцях, призначених для його використання, при температурі максимум 80 °С. Обладнання розроблене для безперервного використання. Всі методи експлуатації, за винятком тих, що згадані в даній конструкції - заборонені.

Перед пуском в експлуатацію необхідно переконатися в тому, що всі кріпильні гвинти, захисту і з'єднання знаходяться на своїх місцях і зафіксовані належним чином.

Перед пуском в експлуатацію необхідно переконатися в тому, що все допоміжне обладнання, що використовується при установці і підйомі - видалено. Монтажні опори також слід прибрати.

Місця підвищеного ризику повинні бути захищені. Працівникам необхідно перебувати на достатній відстані від рухомих частин, а переходи повинні бути зведеним від різних матеріалів.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 88   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

Завжди необхідно використовувати необхідний захисний одяг та приладдя. Наприклад, під час роботи машини необхідно використовувати беруші.

Завжди при виникненні небезпеки для людини або майна машина повинна бути зупинена негайно. Переконатися в тому, що ризик усунутий перед тим як повторно запустити машину.

Технічний персонал проводить огляд механічного пристрою і виконує зупинку негайно в разі, якщо існує небезпека нещасного випадку або пошкодження власності.

Обслуговуючий персонал проводить регулярні перевірки і обслуговування відповідно до інструкцій комбінату і виробника. Також він виконує спільні дії відповідно до професійних навичок.

При проведенні сервісу слід вжити заходів щодо запобігання небезпеки пуску.

Коли обладнання більше не потрібно, воно виводиться з експлуатації. Устаткування демонтується і як можна більша кількість частин використовується повторно. Частини, що не придатні для повторного використання, слід утилізувати відповідним чином на підприємстві з утилізації відходів, схваленому керівництвом підприємства.

### **Ремонтні роботи**

При роботі будь-якої машини, і зокрема картоноробної, в місцях сполучення деталей внаслідок дії сил тертя протікають одночасно два взаємопов'язані процеси: втрата енергії та знос поверхонь тертям. Величини, що характеризують ці процеси, прямопропорційні коефіцієнту тертя.

Процес зносу деталей машин надзвичайно складний і ще недостатньо вивчений. Він залежить від багатьох чинників: величини і характеру зовнішніх механічних впливів, наявності абразивів, роду тертя, відносної швидкості обертання, хімічної активності середовища, в якому відбувається тертя, фізико-механічних і хімічних властивостей матеріалів, з яких виготовлені поверхні тертя, якості обробки та мастила цих поверхонь.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 89   |

В процесі взаємодії нерівностей поверхонь, що труться, сполучених деталей при ковзанні відбуваються дряпання, різання і впровадження виступів більш твердої поверхні деталі в менш тверду, а також явище втоми під дією знакозмінних навантажень. Видимими механічними руйнуваннями є схоплювання першого роду, окислювальний знос, схоплювання другого роду, абразивний і ословідний знос. Допускається також існування молекулярного тяжіння і відштовхування при щільному зіткненні добре оброблених і чистих поверхонь, а в деяких випадках зварювання металів в точках контакту з подальшим руйнуванням металевих зв'язків і виділенням тепла.

Розвиток процесу зношування залежить від ряду взаємопов'язаних факторів: фізико-механічних властивостей металів і сплавів, їх хімічної активності, дифузійних і адсорбційних процесів взаємодії з киснем і молекулярної взаємодії при сполученні. Ці чинники враховують при конструюванні вузла сполучення, підбираючи необхідні метали за класифікатором, складеним за ознаками (хімічним складом, способу виробництва, механічними властивостями, структурі і ін.)

Основними ремонтними роботами на сітковій частині, устаткування якої також працює у водному середовищі з підвищеною агресивністю, є огляд і, в разі потреби, заміна підшипників. Терміни між оглядами встановлюються системою ППР. Періодичність заміни мастила один раз в 6-12 місяців при умові, що підшипники мають належні ущільнення, що перешкоджають витіканню масла і попадання в них води. Розточка кромek відсмоктуючих ящиків проводять таким чином: дерев'яні кришки розточують при кожній зміні сітки, а кромки з текстоліту, керамічних і полімерних матеріалів шліфують через 5-7 місяців. Після стругання іноді шліфування кришок, відсмоктуючі ящики вивіряють щодо сітки і по висоті за допомогою регулювальних гвинтів. Огляд відсмоктувального вала проводиться в терміни, зазначені в ППР (зазвичай один раз на рік). В процесі огляду виймають камери, підганяють або замінюють текстолітові ущільнення, оглядають і перевіряють підшипники вала і хвостовики камери, пристрої для

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 90   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

поздовжнього переміщення поперечних ущільнень, пневматичні шланги, сопло та ін.

При кожній зміні сітки отвори відсмоктувального вала промивають водою під тиском. При повільному обертанні вала і в разі необхідності (через 3-6 місяців) прочищають вручну каліброваними штифтами діаметром трохи меншим відповідних діаметрів.

Огляд і ремонт механізмів тряски, автоматичної правки, натягіння, висунення сіткового столу перевіряють в терміни, зазначені в ППР (приблизно кожні 6-12 місяців). Підгін шаберов, регулювання механізму підйому опускання грудного валу виробляють кожні 3-6 місяців. Паралельність валів сіткової частини перевіряють не рідше одного разу в 6 місяців. За базу вивірки приймається вісь гауч-вала, якщо вона не зафіксована на забитих плашках, встановлених при монтажі машини.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 91   |

## 7. Рівень стандартизації та уніфікації

Конструюючи машини і апарати хімічної та нафтопереробної промисловості варто максимально використовувати стандартні, нормалізовані й уніфіковані конструктивні елементи, деталі та вузли.

Уніфікація – приведення різних видів деталей і засобів її виробництва до раціонального мінімуму типорозмірів, марок, форм, властивостей і т.д. Основна мета уніфікації - усунення невиправданого різноманіття виробів однакового призначення і різнотипності їх складових частин і деталей, приведення до можливого однаконості способів їх виготовлення, складання, випробування і т.д.

Стандартизація устаткування – це зведення численних видів виробів однакового функціонального призначення до обмеженого числа обов’язкових стандартних зразків. Для найбільш модернізованих конструкцій машин і апаратів розроблені ГОСТи.

Наявність достатньо високого рівня стандартизації й уніфікації вузлів і деталей апарата значно знижує вартість його виготовлення, зменшує витрати по ремонту, експлуатації та переходу при необхідності на нові режими роботи.

Модернізований масонапускний пристрій сіткової частини складається з 1100 деталей, з яких:

- стандартизованих  $N_c = 600$ ;
- уніфікованих  $N_y = 400$ ;
- індивідуальних ненормалізованих  $N_i = 100$ .

Тоді, частка уніфікованих деталей в конструкції складає:

$$K_y = \frac{N_y}{N_y + N_i} = \frac{400}{400 + 100} = 0,8$$

Частка стандартизованих деталей в конструкції складає:

$$K_c = \frac{N_c}{N_c + N_i} = \frac{600}{600 + 100} = 0,85.$$

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 92   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

Висновок: за результатами розрахунків конструкція стандартизована на 85% та уніфікована на 80%. Це дозволяє спростити процес виготовлення виробу та ціну конструкції в цілому.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 93   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

## 8 Розробка стартап-проекту

### 8.1 Опис ідеї проекту

Формуюча частина КРМ призначена для формування картонного полотна із паперової маси концентрацією 0,5 – 1,5%, закладання основ структури картонного полотна та картонного листа, створення умов для розвитку механічної міцності готової продукції. На сітковому столі сухість картонного полотна зростає від початкової, відповідній концентрації маси в напірному ящику, до сухості в середньому 18 – 22% (в залежності від виду продукції та конструкції сіткового столу). Таким чином, на сітковому столі, в залежності від початкової концентрації, видаляється 95 – 99% всієї води, наявної в паперовій масі, або 80 – 450 м<sup>3</sup> води на 1 тону продукції. [10]

Тому в сучасних умовах перед сучасною целюлозно-паперовою промисловістю України ставиться завдання не тільки збільшення обсягів виробництва готової продукції, а й підвищення рівня її новизни, якості та конкурентоздатності шляхом вдосконалення існуючих конструкцій КРМ.

Зміст ідеї, напрямки застосування та вигода, яку можуть отримати користувачі показана на табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Опис ідеї стартап-проекту

| Зміст ідеї  | Напрямки застосування               | Вигода для користувача  |
|---|-------------------------------------|---|
| Модернізація конструкцію масонапускного пристрою шляхом встановлення змішувача основного потоку маси з допоміжним потоком | 1. Целюлозно-паперова промисловість | Дозволить збільшити якість продукту завдяки особливій формі змішувача, який створює додаткове перемішування та можливість поєднання двох потоків різної концентрації. |
|   | 2. Текстильна промисловість         |   |
|   | 3. Хімічна промисловість            |   |

Відомий масонапускний пристрій, в якому поставлена мета підвищення якості паперової маси шляхом встановлення двох генераторів турбулентності один за одним ( див. патент EP0629739A1 European Patent, МПК-2011.01 (D21F

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 94   |



1/02, D21F 1/06) опубл. 09.06.1994). Проте дана конструкція має недолік - це необхідність у додатковому перемішуванні двох потоків після кожного генератора турбулентності.

Найбільш близьким по суті є патент ( див. патент № EP1659213A2 European Patent, МПК-2006.01 (D21F 1/02) опубл. 15.11.2005 ), в якому описано масонапускний пристрій з можливістю змішування щонайменше двох потоків різної концентрації. Недоліком цієї конструкції є низька однорідність загального потоку.

Таблиця 8.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту.

| Техніко-економічні характеристики ідеї | (потенційні) товари/концепції конкурентів |             |        | W (слабка сторона) | N (нейтральна сторона) | S (сильна сторона) |
|--|---|-------------|--------|--------------------|------------------------|--------------------|
|  | Мій проект                                | «Ешер-Вісс» | ККПК   |                    |                        |                    |
| Продуктивність, кг/год                 | 5500                                      | 6500        | 4500   | -                  | +                      | -                  |
| Вихід бракованої продукції, %          | 20  | 40          | 50     | -                  | -                      | +                  |
| Вартість масонапускного пристрою, грн  | 850000                                    | 1200000     | 950000 | -                  | -                      | +                  |
| Витрати електроенергії, кВт, (бали)*   | 250                                       | 300         | 200    | -                  | +                      | -                  |

Основною перевагою над конкурентами є: вартість масонапускного пристрою та процент виходу бракованої продукції.

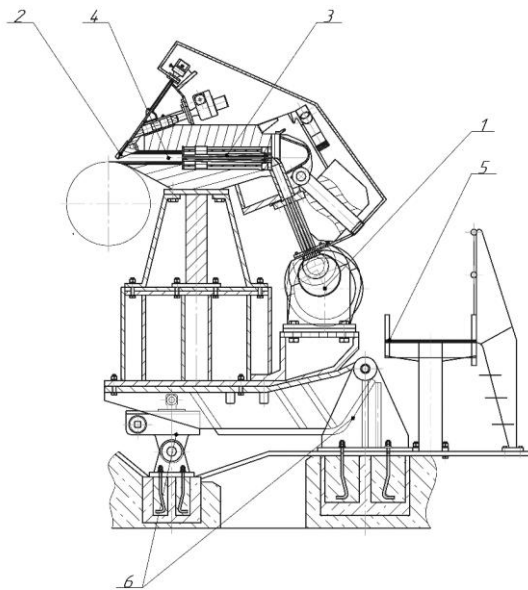
Завдяки співпраці оновлене підприємство стане більш енергоефективним, підвищиться якість продукції, що виготовляється. Тобто підприємство стане більш конкурентоспроможним на ринку в Україні та світі.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 95   |

## 8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Вилив паперової маси виконується за допомогою масонапускних пристроїв, здебільшого гідродинамічного відкритого та закритого типів та високотурбулентного типу. Останні дозволяють працювати за більш високих швидкостей з отриманням якісного картонного полотна. В цілому, масонапускний пристрій має забезпечувати швидкий та рівномірний вилив паперової маси на сітчасту поверхню. Тому вирішено встановити сучасний масонапускний пристрій гідродинамічного типу.

Конструкцію масонапускного пристрою наведено на рисунку 8.1.



- 1 – колектор; 2 – напускна щілина; 3 – генератор турбулентності;  
4 – вирівнююча камера; 5 – сходи обслуговуючі; 6 – опори.

Рисунок 8.1 – Масонапускний пристрій

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових:

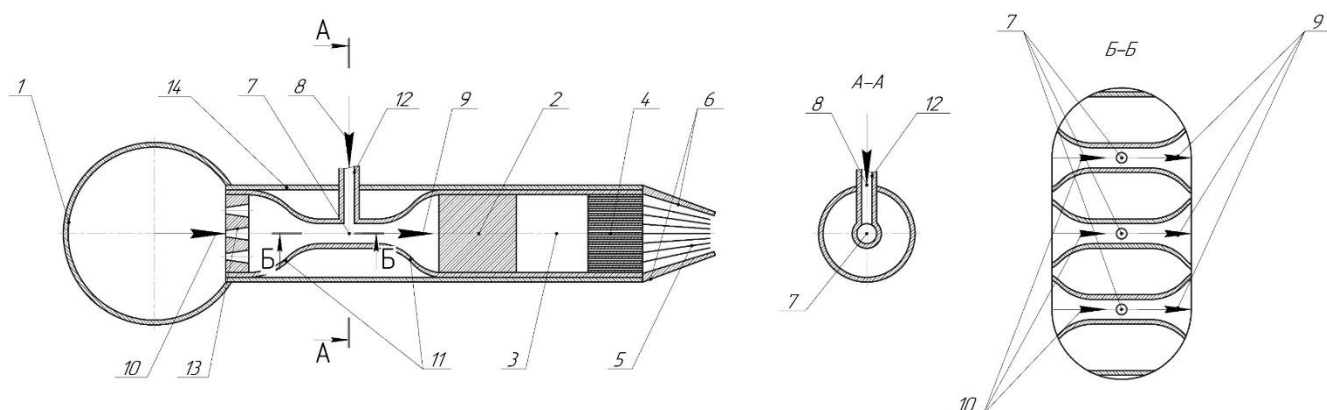
1. За якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?

Елемент масонапускного пристрою, а саме турбулізатор потоку (рисунок 8.2), буде виготовлен на спеціальному металорізальному обладнанні та верстатах з ЧПУ, внаслідок необхідності обробки складних поверхонь.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 96   |

2. Чи існують такі технології, чи їх потрібно створювати?

Такі технології існують і їх цілком достатньо. В розробці/добробці їх немає необхідності.



1 – колектор; 2 – гофрований турбулізатор; 3 – стабілізатор; 4 – генератор турбулентності; 5 – форсунки; 6 – планки; 7 – змішувач; 8 – допоміжний потік; 9 – однорідний потік; 10 – основний потік; 11 – труба основного потоку; 12 – труба допоміжного потоку; 13 – решітчастий дифузор; 14 – корпус;

Рисунок 8.2 – Технічне рішення

3. Чи доступні такі технології авторам проекту?

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (табл. 8.3).

Таблиця 8.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

| № п/п  | Ідея проекту  | Технології її реалізації  | Наявність технологій | Доступність технологій |
|--|---|---|----------------------|------------------------|
| 1.   | Збільшення якості перемішування у масонапускному пристрою, спрощення та підвищення його ефективності. | встановлення змішувача основного потоку маси з допоміжним потоком | Наявні               | Доступні               |
| Обрана технологія реалізації ідеї проекту: 1 |   |   |                      |                        |

За результатами аналізу видно, що можливості технологічної реалізації проекту, а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити – є можливим за рахунок наявних на сьогодні технологій та їх доступності та не складності придбання необхідних комплектуючих та устаткування.

### 8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначено ринкові можливості, які можна застосувати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть завадити реалізації проекту, дозволяють спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів–конкурентів.

Зростання обсягів виробництва масонапускних пристроїв до 2005 року. Ця ситуація на ринку виготовлення та продажу масонапускних пристроїв пояснюється тим, що в країні постійно збільшувалася кількість підприємств та споживачів яким потрібні вироби паперу для різних потреб.

Падіння обсягів виробництва масонапускних пристроїв в 2009-2011 роках. Негативна динаміка спостерігалася через фінансову кризу [24].

На нашу думку, на даний момент виробництво масонапускних пристроїв в Україні знаходиться на етапі насичення та стабільності. Це пов'язано, насамперед із тим, що продукція що виготовляється на нашому обладнанні користується попитом у багатьох галузях промисловості нашої державі. Ця продукція є завжди актуальною. Тому дана галузь має гарне фінансування. Статистика показує, що попит на дану продукцію є доволі стабільним як в нашій країні, так і за її межами.

В таблиці 8.4 наведено попередні характеристики потенційного ринку стартап-проекту.

Таблиця 8.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

| № п/п | Показники стану ринку (найменування)                    | Характеристика   |
|-------|---|------------------|
| 1     | Кількість головних гравців, од                          | 3                |
| 2     | Загальний обсяг продаж, грн/ум.од                       | 16000            |
| 3     | Динаміка ринку (якісна оцінка)                          | Зростає          |
| 4     | Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації     | ДСТУ, ГОСТ, ISO. |
| 5     | Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), % | 80               |

За результатами аналізу таблиці робимо висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 98   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

Визначення потенційних груп клієнтів, їх характеристики. Формування орієнтовних вимог до товару для кожної групи таб. 8.5.

Таблиця 8.5 – Характеристика потенційних клієнтів

| №<br>п/п | Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку) | Потреба, що формує ринок   | Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів | Вимоги споживачів до товару  |
|----------|--|--|---|--|
| 1        | Целюлозна-паперова промисловість           | Потреба в комплектуючих для масонапускних пристроїв, потреба в підвищенні якості перемішування суспензій різної концентрації | Ціна, габаритні розміри, стандарти (ДСТУ, ГОСТ, ISO)              | - до продукції: якість отриманої продукції, відповідність всім нормативам, щодо міцності, надійності, можливість заміни комплектуючих, зручність в експлуатації та в обслуговуванні. |
| 2        | Текстильна промисловість                   |  |   | - до компанії-постачальника: швидкість доставки та встановлення, можливість подальшого обслуговування по гарантії, наявність запасних комплектуючих                                  |
| 3        | Хімічна промисловість                      |  |   |  |

Проводимо аналіз ринкового середовища: складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому заважають (таблиці 8.6, 8.7). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення цінності.

Фактори поділяються на фактори внутрішньо маркетингового та зовнішньо маркетингового середовища. До внутрішньо маркетингових факторів відносяться власний капітал стартап проекту, інтелектуальні ресурси, технологічні ресурси, матеріальні, місцезнаходження. До факторів зовнішньо маркетингового середовища стартап проекту відносяться природні, політико–правові, соціально–культурні, економічні, науково–технічні і фактори демографічного середовища [24]. Фактори загроз вносимо до таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 – Фактори загроз

| Фактор  | Зміст загрози  | Можлива реакція компанії  |
|---|--|---|
| Політико-правові<br>«Закон України про підприємницьку діяльність».  | Може вплинути на працездатність проекту, купівлю/продаж масонапускного пристрою  | Відповідність вимогам законодавства України та країн (Канада, Росія, Німеччина) з якими ведеться співпраця.           |
| Політико-правові<br>«Закони України про ліцензування певних видів господарської діяльності».                          | Недостатня підтримка державою нових підприємців.   | Зміна напрямків імпорту/експорту.   |
| Зсув стратегічного курсу країни з промислового сектору в агропромисловість.   | Зменшення кількості клієнтів в Україні.  | Шукати клієнтів у інших областях промисловості. Таких як хімічна або текстильна.                                      |
| Економічні: інфляція, підвищення цін на матеріали (мідь, неіржавна сталь).  | Впливає на купівлю/продаж масонапускного пристрою, або ресурсу необхідного для масонапускного пристрою (мідь, неіржавна сталь).          | Підвищення ціни на масонапускні пристрої.   |
| Науково-технічні:<br>Зміна технології виготовлення товару. Тобто заміна використовуваних матеріалів на більше дешеві. | Невідповідність технологій споживчих послуг та науково-технічного розвитку.<br>«Консервативність споживачів до запровадження інновацій». | Постійний пошук та моніторинг актуальних тенденцій в обраній та в суміжних сферах діяльності. Інноваційна діяльність. |

Таблиця 8.7 – Фактори можливостей

| Фактор  | Зміст можливості  | Можлива реакція компанії                                     |
|---|---|--|
| Невідповідність якості наших продукції споживачів вимогам нового часу науково-технічному розвитку галузі. | Поява нової технології виробництва масонапускного пристрою. | Розробка нового обладнання та конструкцій формуючої частини. |
| Демографічні  | Збільшення населення, покращується попит на продукцію.      | Збільшення числа потенційних клієнтів в майбутньому.         |
| Застаріла конструкція масонапускного пристрою   | Поява нової технології перемішування та напуску суспензії.  | Розробка нової установки.                                    |

Надалі проводимо аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку, отримані дані заносимо до таблиці 8.8.

| Особливості конкурентного середовища             | В чому проявляється дана характеристика   | Вплив на діяльність підприємства  |
|--|---|---|
| 1  | 2   | 3   |
| 1. Тип конкуренції: Монополістична               | Кожна компанія, яка торгує на ринку масонапускними пристроями, є недосконалим замінником, який реалізує наша компанія.                            | Компанія повинна робити ставку на основні відмінності своєї продукції, а саме на малий процент браку продукції після встановлення нашого масонапускного пристрою та менша вартість за рахунок спрощення існуючих конструкцій. |
| 2. За рівнем конкурентної боротьби: Національний | Менше компаній-конкурентів, за рахунок того, що така технологія перемішування у масонапускних пристроях ще не була впроваджена у інших компаніях. | Першим кроком орієнтуватися та виходити на національний ринок, збирати зворотній зв'язок, проблеми та побажання. Максимальна присутність на виставках та форумах.   |

Продовження таблиці 8.8

| 1   | 2  | 3  |
|---|--|--|
| 3. За галузевою ознакою: Міжгалузева              | На підприємстві працюють працівники здатні надавати широкий спектр послуг.   | Наша компанія охоплює майже усі напрямки розробок.   |
| 4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова. | Під час прийняття рішення про купівлю клієнт буде обирати такий масонапускний пристрій який забезпечить малий процент браку на виході.                   | Передбачення способів просування товару та демонстрації його переваг, а саме якість перемішування суспензії у масонапускному пристрою в підсумку якість отриманої продукції. |
| 5. За характером конкурентних переваг: цінова.    | За рахунок покращення з точки зору клієнта співвідношення ціна/якість (отриманої продукції) підвищується конкурентоспроможність масонапускного пристрою. | Постійне спостереження та оцінка цінової політики на ринку.  |
| 6. За інтенсивністю: марочна.                     | Для вдалого просування, підвищення каналів збуту, кількості клієнтів та партнерів необхідно зарекомендувати себе, створити власне ім'я.                  | Створення логотипу, нанесення його (або назви) на продукт. Реклама в інтернеті. Збільшення кількості ділових контактів.  |

Згідно отриманого аналізу конкуренції визначено, що конкуренція на ринку не висока, а підприємства що наявні не спрямовані на модернізацію свого обладнання, що важливим конкурентним рішенням є розвиток інновацій, тісний контакт з клієнтом, модернізації та створення нового обладнання.

Після аналізу конкуренції проводимо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю 5 сил М. Портера [25]. Згідно цієї моделі розглядаємо 5 основних сил, які необхідно врахувати перед виходом на ринок, опис наведено в таблиці 8.9.



Таблиця 8.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

| Складові аналізу | Прямі конкуренти в галузі   | Потенційні конкуренти  | Постачальники   | Клієнти   | Товари-замінники  |
|------------------|---|--|---|---|---|
|                  | Основні компанії, що розробляють масонапусні пристрої : «Ешер-Вісс», ККПК   | Усі науково дослідницькі підприємства з гарною технічно, матеріальною та інвестиційною базами; іноземні підприємства | Існує загроза інтегрування постачальників в бізнес (відома подібна практика за кордоном)  | Цінова чутливість покупців. Прихильність до відомих брендів. Негативне ставлення до інновацій   | Інші фірми виробляють схожу продукцію. Але на даний момент аналогів немає |
| Висновки:        | Основна перевага – досвід, відоме ім'я. Але, за рахунок інновацій, тісного контакту з клієнтом можна заробити імідж та отримати клієнтів. | Можливість входу на ринок існує. Потенційними конкурентами можуть стати схожі підприємства-новатори.                 | На даний момент існує велика низка можливих постачальників. Так від постачальника буде залежити час поставки комплектуючих та його мінімальна вартість. | Диктують умови на ринку: якщо співвідношення ціна/якість буде не співмірним, можуть відмовитися від наих масонапусних пристроїв, оскільки є з чого вибрати. | Мінімальне обмеження через товари-замінники.                              |

Згідно отриманого аналізу конкуренції визначено, що конкуренція на ринку не висока, а підприємства що наявні не спрямовані на модернізацію свого обладнання, що важливим конкурентним рішенням є розвиток інновацій, тісний контакт з клієнтом, модернізації та створення нового обладнання.

Згідно отриманих результатів основним параметром конкурентоспроможності є якість обладнання для виробництва виробів різного призначення.

Таблиця 8.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

| № п/п | Фактор конкурентоспроможності | Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)   |
|-------|-------------------------------|---|
| 1     | Ціна                          | Якість отриманої продукції за рахунок встановленню наших масонапусних пристроїв відповідає його ціні. |

Продовження таблиці 8.10.

|   |                           |   |
|---|---------------------------|---|
| 2 | Інноваційність технології | За рахунок того, що ми співпрацюємо з науково-технічною базою університету ми залучаємо молодих фахівців для розробки обладнання. |
| 3 | Асортимент                | Ми надаємо комплекс послуг по розробці виготовленню і монтажу а також постачаємо комплектуючі.                                    |

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту [26].

Таблиця 8.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту.

| №<br>п/п | Фактор<br>конкурентоспроможності       | Бали<br>1-20 | Рейтинг товарів-конкурентів у<br>порівнянні з проектом |    |    |   |    |    |    |
|----------|--|--------------|--|----|----|---|----|----|----|
|          |  |              | -3   | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 1        | Ціна                                   | 10           |  |    |    | ○ |    | □  |    |
| 2        | Інноваційність технології              | 10           | ○  | □  |    |   | □  |    |    |
| 3        | Можливість виходу на закордонний ринок | 0            |  | ○  |    |   |    |    |    |
| 4        | Асортимент продукції                   | 0            |  |    |    |   | ○  |    |    |

\*□ – «Ешер-Вісс»

○ – ККПК

Сильні сторони проекту: інноваційність технології масонапускного пристрою; можливість виходу на закордонний ринок.

Слабкі сторони проекту: невеликий асортимент продукції, що виготовляється та ціна.

Складаємо SWOT-аналіз (матриці аналізу сильних (Strength), слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 8.7), та вносимо результати до таблиці 8.12.

Таблиця 8.12 – SWOT - аналіз стартап –проекту.

| Сильні сторони   | Слабкі сторони  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Високий інтелектуальний потенціал компанії</li> <li>- Інноваційність технології</li> <li>- Можливість виходу на закордонний ринок</li> <li>- Перевага над конкурентним товаром за рахунок малокомпонентності.</li> <li>- Підвищення продуктивності розробок за рахунок ефективної командної діяльності</li> <li>- Плідна співпраця з постачальниками на взаємовигідних умовах поступок</li> <li>- Кваліфіковані, лояльні і добре мотивовані працівники як інструмент для досягнення конкурентних переваг</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Невідоме «ім'я» підприємства</li> <li>- Висока вартість впровадження проекту.</li> <li>- Відсутність постачальників матеріалів на підприємство</li> </ul>  |
| Можливості   | Загрози   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Поява нового вдосконалення для покращення якості продукції .</li> <li>- Підвищення попиту споживачів на різні складові.</li> <li>- Консервативність поглядів споживачів у питаннях заміни застарілого обладнання на нове</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Недостатній рівень фінансування галузі</li> <li>- Зменшення кількості можливих постачальників в умовах кризи</li> <li>- Поява інноваційного обладнання</li> <li>- Витіснення конкурентами компанії з ринку</li> <li>- Недостатнє фінансування, відсутність інвесторів</li> <li>- Недостатність клієнтів-підприємств, що можуть дозволити собі оновлення систем.</li> </ul> |

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний період їх ринкового виконання з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок [27].

Визначені альтернативи аналізуємо з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів, отримані дані вносимо до таблиці 8.13.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 105  |

Таблиця 8.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

| № п/п | Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки                                  | Ймовірність отримання ресурсів | Строки реалізації |
|-------|---|--------------------------------|-------------------|
| 1.    | Виготовлення модернізованого обладнання, яке можна застосовувати в різних галузях промисловості | Достатня                       | 2 роки            |
| 2.    | Модернізація вже застарілих масонапускних пристроїв.  | Висока                         | 1 рік             |
| 3.    | Обслуговування масонапускних пристроїв  | Достатня                       | 6 місяців         |

Після аналізу обираємо альтернативу модернізації вже застарілих масонапускних пристроїв.

#### 8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першочергово передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 8.14). Розроблення ринкової стратегії проекту проводимо згідно методикою наведеною в [28].

Таблиця 8.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

| № п/п | Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів | Готовність споживачів сприйняти продукт | Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту) | Інтенсивність конкуренції в сегменті | Простота входу у сегмент |
|-------|--|---|---|--------------------------------------|--------------------------|
| 1.    | Целюлозна-паперова промисловість                 | Висока                                  | Висока  | Середній                             | Висока                   |
| 2     | Текстильна промисловість                         | Середній                                | Висока  | Середній                             | Висока                   |
| 3.    | Хімічна промисловість                            | Середній                                | Середній  | Висока                               | Середній                 |

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) обираємо Целюлозна-паперову промисловість та текстильну промисловість і

використовуємо стратегію концентрованого маркетингу. Одна зі стратегій охоплення ринку, за якої компанія прагне охопити найбільшу частину одного або кількох субринків.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку, яка наведена в таблиці 8.15.

Таблиця 8.15 – Визначення базової стратегії розвитку

| № п/п | Обрана альтернатива розвитку проекту | Стратегія охоплення ринку | Ключові конкурентоспроможні позиції відносно до обраної альтернативи | Базова стратегія розвитку* |
|-------|--------------------------------------|---------------------------|--|----------------------------|
| 1     | Підписання довгострокових контрактів | Концентрований маркетинг  | Супровід обладнання, їх технічне обслуговування, навчання персоналу  | Стратегія концентрації     |

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця. 8.16).

Таблиця 8.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

| № п/п | Чи є проект «першопрохідцем» на ринку? | Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів? | Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?   | Стратегія конкурентної поведінки* |
|-------|--|--|---|-----------------------------------|
| 1.    | ні                                     | В планах компанії пошук нових споживачів та розширення своєї діяльності.       | Загальним для нашого товару і конкурентного є тільки основна ідея, а структура, компоненти, їх співвідношення є унікальними | Стратегія виклику лідера          |

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії

розвитку (таблиця 8.14) та стратегії конкурентної поведінки розробляється стратегія позиціонування (таблиця 8.17). що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 8.17 – Визначення стратегії позиціонування

| Вимоги до товару цільової аудиторії   | Базова стратегія розвитку | Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту   | Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)                            |
|---|---------------------------|---|---|
| 1.Аргументована ціна.<br>2.Супроводження товару.<br>3. Необхідна якість виконання обладнання. | Стратегія спеціалізації   | 1. Продукція, після встановлення наших масонапускних пристроїв, вищої якості за конкурентну<br>2. Супровід товару (монтаж, технічні роботи, перше включення)<br>3. Технічна підтримка | 1. Надійність.<br>2. Програми надання різноманітних послуг (установка, демонтаж та інше).<br>3. Тривалі контракти . |

### 8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 8.18 підсумовуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 8.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

| № п/п | Потреба  | Вигода, яку пропонує товар   | Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити) |
|-------|--|--|--|
| 1.    | Висока потреба в модернізації існуючого обладнання | Збільшення чистого прибутку. Покращення якості продукту за рахунок становлення наших масонапускних пристроїв | - Високий інтелектуальний потенціал компанії<br>- Інноваційність технології  |

Продовження таблиці 8.18.

|    |                                       |                           |                         |
|----|---------------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 2. | Зменшення виходу бракованої продукції | Збільшення продуктивності | Інноваційна конструкція |
|----|---------------------------------------|---------------------------|-------------------------|

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 8.19).

До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

- Економічні – вартість обслуговування, експлуатації, утилізації, витратних матеріалів, ремонту, знижки;

- Призначення (технічні) – показники, що визначають головний напрямок використання товару та можливу сферу його застосування: класифікаційні показники, складу і структури, технічної досконалості;

- Надійності – здатність товару безвідмовно функціонувати: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;

- Технологічні – можливість оптимізації витрат матеріалів, праці, коштів, часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення та використання товару;

- Ергономічні – показники ступеню адаптованості технічних та конструктивних рішень виробу до біологічних властивостей людини та середовища використання товару: гігієнічні, антропометричні, фізіологічні та психологічні;

- Органолептичні – визначають властивості товару, які людина може визначити за допомогою своїх органів чуття;

- Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд товару;

- Транспортабельності – визначають пристосованість продукції до транспортування, підготовчих, початкових і кінцевих операцій перевезення;

- Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля;

- Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 109  |

Формулюємо три рівні товару: товар за задумом, товар у реальному виконанні та товар із підкріпленням. Далі розглядаємо техніко-економічні характеристики кожного рівню товару, отримані дані вносимо до таблиці 8.19.

Таблиця 8.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

| Обрана альтернатива розвитку проекту  | Сутність та складові  |                |                |
|---|---|----------------|----------------|
| I. 1 рівень товару (Товар за задумом )  | Збільшення якості перемішування у масонапускному пристрою, спрощення та підвищення його ефективності.   |                |                |
| II. Товар у реальному виконанні   | Властивості/характеристики  | м <sup>2</sup> | Вр/Тх /Тл/Е/Ор |
|   | Перемішування суспензії:<br>1. Надійність<br>2. Енерго- та ресурсозбереження<br>3. Доступна ціна<br>4. Інноваційність технології  |                |                |
|   | Якість: відповідає Європейським нормам та ДСТУ. Тестування проводиться перед встановленням, а також на місці.   |                |                |
|   | Пакування – картонне пакування із спеціальними захисними матеріалами всередині для уникання деформацій чи пошкодження   |                |                |
|   | Марка: «InterfusionsDuct»   |                |                |
| III. Товар із підкріпленням   | До продажу:<br>• програми лояльності при підписанні довготривалого контракту;<br>• різні способи доставки;<br>• різні способи оплати;<br>• демонстрації та моделювання роботи |                |                |
|   | Після продажу:<br>встановлення<br>• впровадження;<br>• обслуговування;<br>• супровід;<br>• навчання персоналу;<br>• гарантія повернення грошей і обміну товару.               |                |                |
| За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: буде розроблено патент на винахід, на кожному приладі буде акцизна марка та фірмовий штамп. |   |                |                |

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від плагіату. Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару.



Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (таблиця 8.20). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 8.20 – Визначення меж встановлення ціни

| № п/п | Рівень цін на товари-замінники | Рівень цін на товари - аналоги | Рівень доходів цільової групи споживачів | Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу |
|-------|--------------------------------|--------------------------------|--|---|
| 1.    | 20000 - 60000 грн              | немає                          | 10000 тис. грн/міс                       | Верхня: 300000 грн<br>Нижня: 20000 грн                  |

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 8.21):

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 8.21 – Формування системи збуту

| № п/п | Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів   | Функції збуту, які має виконувати постачальник товару   | Глибина каналу збуту   | Оптимальна система збуту                                   |
|-------|---|---|--|--|
| 1.    | Клієнти хочуть на власні очі бачити продукт та його тестування перед закупівлею, потребують доставки, впровадження, консультацій, супроводу | Гарантія<br>Тестування<br>Доставка<br>Допомога у проведенні процесів (експлуатація, запуск, ремонт..) | Нульовий рівень. Наша компанія сама займається всіма етапами виготовлення продукції.<br>Споживач отримує готову продукцію. | Власна система збуту і домовленість про подальшу співпрацю |

Система збуту товарів - ключова ланка комерційної діяльності й свого роду фінішний комплекс у всій діяльності фірми по створенню, виробництву й доведенню товару до споживача. Власне, саме тут споживач або визнає, або не визнає всі зусилля підприємства корисними і потрібними для себе і, відповідно, купує або не купує її продукцію і послуги .

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 8.22).

Таблиця 8.22 – Концепція маркетингових комунікацій

| № п/п | Специфіка поведінки цільових клієнтів                                 | Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти  | Ключові позиції, обрані для позиціонування | Завдання рекламного повідомлення   | Концепція рекламного звернення   |
|-------|---|---|--|--|--|
| 1.    | Орієнтована на швидке та ефективне спілкування, бажано спеціалізоване | Спілкування як онлайн (сайти, соц.мережі) так і офлайн (зустрічі, телефонні розмови, виставки тощо). Друкована продукція (каталоги, спецвидання). | Якість залежить від ціни;                  | Ефективна демонстрація переваг продукції залежно від напрямку зацікавленості клієнта | Офіційний стиль. Наочна демонстрація даних (розрахунки, графіки, діаграми). Призначення зустрічей. |

Результатом останнього пункту має стати ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

#### Висновки

В процесі розробки стартап проекту було розроблено висновки, що можлива ринкова комерціалізація проекту по виготовленню інноваційного масонапускного пристрою (а саме змішувача). На користь цього свідчить наявність попиту, що виражена потребою.

У проведеному аналізі було визначено стратегії збуту послуг, та вплив основних факторів на попит послуг, які надаються нашим проектом. Та згідно отриманих даних у нашого проекту є:

- можливість ринкової комерціалізації проекту, оскільки на надані послуги наявний попит, динаміка ринку, рентабельність роботи на ринку;
- перспективи впровадження для потенційних груп клієнтів, таких як, середні та великі підприємства;
- для ринкової реалізації проекту альтернативою впровадження доцільно обрати створення наукових семінарів та брати участь на виставках в даній сфері.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 113  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

## Список літератури

1.Маркетинг стартап-проектів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для усіх спеціальностей другого освітнього ступеню «магістр» / С. О. Солнцев, О. В. Зозульов, Н. В. Юдіна, Т. О. Царьова, Н. В. Язвінська ; за заг. ред. С.О. Солнцева ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437>

2. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

3.Standard Management Systems QUALITY MANAGEMENT Textbook for students and post-graduate students on specialty 131 "Applied mechanics"/ S. Fomichov, A. Banin, I. Skachkov, V. Lysak, O. Gaievskiy, N. Yudina, Kiev: KIM, 2018 – P. 266

4 Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти / наук. керівник проекту акад. НАН України М. З. Згуровський // Міжнародна рада з науки (ICSU); Комітет із системного аналізу при Президії НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»; Інститут прикладного системного аналізу НАН України і МОН України; Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку. — Київ : НТУУ «КПІ», 2015. — 136 с. ISBN 978-966-622-716-7.

5. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on ‘the Four-Dimensional Thinking’ in Information Society // Marketing and Management of innovations. – 3’2017. – P.245-256.-DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.

6. Юдіна Н.В. Міждисциплінарні платформи стартап-проектів [Електронний ресурс] // Міждисциплінарні дискусії : Матеріали науково-теоретичного семінару «Міждисциплінарні дослідження: теоретико-методологічні виміри», 5 грудня

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 114  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

2017 р. – Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Інститут міжнародних відносин Навчально-науковий центр «Синтез». – 2017. – С.  
20-24. - Режим доступу  
[http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20\(1\).pdf](http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20(1).pdf).

7. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016). <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>

8. Юдина Н. В. Антикризисные маркетинговые инструменты инновационного развития предприятий / Н.В. Юдина // Маркетинг и финансы. – 2014. – Т. 1. – С. 60– 72.

9. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступа : [http://futurolog.com.ua/blog\\_konferencia\\_kneu\\_2015\\_12\\_15.phtml](http://futurolog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml).

10 Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступа : [http://futurolog.com.ua/blog\\_konferencia\\_kneu\\_2015\\_12\\_15.phtml](http://futurolog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml).

11 Юдіна Н. В. «Дорожня карта» підприємства у контексті футурології техногенної економіки. Традиції і інновації. [Електронний ресурс] / Н. В. Юдіна // Інновації та фундаментальні науки в умовах техногенної економіки : зб. матеріалів міждисциплінар. наук.-практ. конф., Київ, 25 листоп. 2016 р. / [уклад. Л. І. Юдіна]. – К., 2016. – Режим доступа : <http://futurolog.com.ua/publish/2/Zbirnyk.pdf#page=6>.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 115  |

## Висновки

В магістерській дисертації на тему «Розроблення формуючої частини для модернізації картоноробної машини» розроблено масонапускний пристрій картоноробної машини, що призначений для виливу паперової маси на сітчасту поверхню. Модернізація полягає в тому, що змішувач основного потоку паперової маси з допоміжним потоком зроблений у вигляді циліндричної труби, діаметр якої за рухом паперової маси спочатку зменшується, а потім збільшується до початкового стану. Причому в місці найбільшого звуження під'єднана інша труба для подачі допоміжного потоку паперової маси. Це дозволило покращити якість перемішування паперової маси у масонапускному пристрою.

Отже, розроблена конструкція масонапускного пристрою дозволить збільшити якісні показники картонного полотна завдяки особливій формі змішувача, який створює додаткове перемішування та надає можливість поєднання двох потоків різної концентрації.

Для досягнення поставленого завдання зроблено обґрунтований вибір конструкції, наведено опис технологічної схеми виробництва картону і місце в ній масонапускного пристрою. Також наведено технічну характеристику формувальної частини. Виконано розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції, зокрема розрахунок довжини сіткового столу та сітки, розрахунок масонапускного пристрою та розрахунок грудного вала на міцність і жорсткість. Вибрано підшипники для установки грудного валу та розраховано їх довговічність. Надано рекомендації щодо монтажу та експлуатації, визначено рівень стандартизації і уніфікації розробленої конструкції, проведено техніко-економічне обґрунтування доцільності її модернізації, виконано розробку технологічного процесу виготовлення деталі (кришки) та схеми автоматичного керування технологічним процесом установки. Також за результатами патентного пошуку отримано деклараційний патент України на корисну модель.

Графічна частина включає кресленики форматів А2х6, А1, А3х3, А3х4, А2, А3х3 та плакат формату А1х3, що містять: складальні кресленики формуючої частини та масонапускного пристрою, а також кресленик грудного валу, кришки,

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 116  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

трьохкулачкового патрону з пневмозажимом та схема автоматизації. До складальних креслеників складені специфікації.

Основні результати роботи доповідались на трьох міжнародних конференціях з публікацією тез доповідей. Також опубліковано статтю в науковому журналі.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 117  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

## Выводы

В магистерской диссертации на тему «Разработка формирующей части для модернизации картоноделательной машины» разработан напорный ящик, предназначенный для напуска бумажной массы на сетчатую поверхность. Модернизация заключается в том, что смешиватель основного потока бумажной массы с вспомогательным потоком сделан в виде цилиндрической трубы, диаметр которой за движением бумажной массы сначала уменьшается, а затем увеличивается до первоначального состояния. Причем в месте наибольшего сужения подключена другая труба для подачи вспомогательного потока бумажной массы. Это позволило улучшить качество перемешивания бумажной массы в напорном ящике.

Таким образом, разработанная конструкция напорного ящика позволит увеличить качественные показатели картонного полотна благодаря особой форме смешивателя, который создает дополнительное перемешивание и предоставляет возможность соединения двух потоков различной концентрации.

Для достижения поставленной задачи сделано обоснованный выбор конструкции, приведено описание технологической схемы производства картона и место в ней напорного ящика. Также приведена техническая характеристика формовочной части. Выполнены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции, в частности расчет длины сетевого стола и сетки, расчет напорного ящика и расчет грудного вала на прочность и жесткость. Выбрано подшипники для установки грудного вала и рассчитана их долговечность. Даны рекомендации по монтажу и эксплуатации, определен уровень стандартизации и унификации разработанной конструкции, проведено технико-экономическое обоснование целесообразности ее модернизации, выполнена разработка технологического процесса изготовления детали (крышки) и схемы автоматического управления технологическим процессом установки. Также по результатам патентного поиска получено декларационный патент Украины на полезную модель.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 118  |



Графическая часть включает чертежи форматов А2х6, А1, А3х3, А3х4, А2, А3х3 и плакат формата А1х3, содержащие: сборочные чертежи формирующей части и масонапускного устройства, а также чертеж грудного вала, крышки, трехкулачкового патрона с пневмозажимом и схема автоматизации. К сборочным чертежам составлены спецификации.

Основные результаты работы докладывались на трех международных конференциях с публикацией тезисов докладов. Также опубликована статья в научном журнале.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      | 119  |

## Conclusions

In the master's thesis on " Development of moulding part for cardboard machine modernization " developed a mass-launching device of the cardboard machine, which is intended for pouring paper mass on a mesh surface. The modernization is that the main stream mass-flow mixer with the auxiliary flow is made in the form of a cylindrical tube, the diameter of which on the movement of the paper mass first decreases and then increases to its original state. And in the place of the largest constriction, another pipe is connected to supply the auxiliary stream of paper mass. This made it possible to improve the quality of mixing of the pulp in the mass starter device.

Consequently, the design of the launching device will allow to increase the quality of the cardboard web thanks to the special form of the mixer, which creates additional mixing and allows the combination of two streams of different concentration.

In order to achieve this task, a reasonable choice of design was made, a description of the technological scheme of cardboard production and the place in it of the mass-release device. The technical characteristics of the molding part are also given. Calculations have been made to confirm the workability and reliability of the structure, including the calculation of the length of the mesh table and mesh, the calculation of the mass-release device and the calculation of the chest shaft for strength and rigidity. The bearings for the chest shaft are selected and their durability is calculated. The recommendations on installation and operation are given, the level of standardization and unification of the developed structure is determined, the feasibility study of its modernization is carried out, the technological process of manufacturing a part (cover) and the scheme of automatic control of the technological process of installation are performed. According to the results of patent search, a patent patent of Ukraine for utility model was obtained.

The graphic part includes drawings of the formats A2x6, A1, A3x3, A3x4, A2, A3x3 and the poster of the format A1x3, containing: the assembly drawings of the forming part and the mass-launching device, as well as the drawing of the chest shaft, the cover, the three-cam cartridge. Specifications are drawn up for the assembly drawings.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 120  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

The main results of the work were presented at three international conferences with the publication of abstracts. Also published an article in a scientific journal.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 121  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

## Перелік посилань

1. Чичаев А.А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства / Чичаев А.А. – М.: Лесная промышленность, 1981.– 264 с.
2. Эйдли И.Я. Бумагоделательные и отделочные машины / Эйдли И.Я. – М.: Лесная промышленность 1970.- 624 с.
3. Богомолов Г.М. Формирование бумаги и картона. – Киев: Задруга, 2008 – 416 с.
4. Патент № 5126 (UA) МПК(2006) D21F 9/00. Машина для виготовлення тонкого паперу. Седач, Пасічник О.В., Пасічник Д.В., Шисман – заявка № u20040705478, 07.07.2004; Опубл. 15.02.2005, Бюл № 2
5. Патент № 2443822 (RU) МПК(2006) D21F 1/02. Багаторежимний напірний ящик. Скуг Хенри, Кларк Джеймс – заявка № 2009118804/12, 07.08.2007; Опубл. 27.11.2012, Бюл № 6
6. Патент № 2014/0034261 (US) МПК(2006) D21F 1/80. Metod and machine for manufacturing paper products using fourdrinier forming. James Faufau, Andrew Forester– заявка № 8551293, Apr.21.2012; Опубл. 27.Sep.2013
7. Патент № 2004/018768 (WO) МПК(2006) D21F 1/00, 9/00. Forming of a paper or Board web in a twin-wire former or in a twin-wire section of a former. Jeffrey, Michael, Korhonen – заявка № 2003/000481, 16.06.2003; Опубл. 04.03.2004
8. Патент № 2332534 (RU) МПК(2006) D21F 9/00, 1/48, 1/54, 1/00, Формуюча частина гібридного типу. Питт Ричард, Хелбиг Томас – заявка № 2006126683/12, 22.12.2003; Опубл. 27.18.2008, Бюл № 24
9. НПАОП 21.0 - 1.01-87. Правила з охорони праці у целюлозно-паперовій промисловості
10. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
11. НАПБ Б.03.002-2007. Нормы определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 122  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

12. Курсовое и дипломное проектирование оборудования предприятий целлюлозно-бумажной промышленности: Учебное пособие для техникумов /А.Д.Зубец, В.А.Бабинский, Б.М.Гогерман. –М.:Лесн. Пром-сть, 1989. –176.

13. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб, пособие/ К.Ф. Павлов, П.Г.Романков, А.А. Носков; Под общ. ред. П.Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с., ил.

14. VOITH. PROGRES, Marketing-Inzenjering. – Heidenheim, 1990.

15. Писаренко Г.С Опір матеріалів: Підручник / За ред. Г.С. Писаренка. – 2-е вид., допов. І переробл. — К.: Вища шк., 2004. — 655 с.: іл.

16. Анурьев В.И Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т./Анурьев В.И. М.: Машиностроение. 1979.

17. Стадник В.А. Розрахунок та конструювання валів. Вибір підшипників кочення за динамічною вантажопідйомністю: Метод. вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт з дисципліни «Деталі машин» для студ. машинобудівних спец. усіх форм навчання/ Уклад. В.А. Стадник. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2004. – 108 с.

18. ГОСТ 5721-75. Подшипники роликовые радиальные сферические двухрядные. Типы и основные размеры.

19. Кокушин Н.Н. Монтаж и ремонт целлюлозно-бумажного оборудования./ Н.Н. Кокушин – М.: Экология, 1991. - 209 с.

20. Задольський А.М. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів бакалаврів (для студентів інженерно – хімічного факультету) /Уклад. А. М. Задольський, О. О. Шаповаленко - К.: НТУУ «КПІ», 2010 – 15с.

21. Расчет основных параметров бумаго- и картоноделательных машин: учебно-методическое пособие/сост. Ю.Н.Швецов, Э.А.Смирнова;СПб., 2009. – 64.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛН82мп.705411.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 123  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |